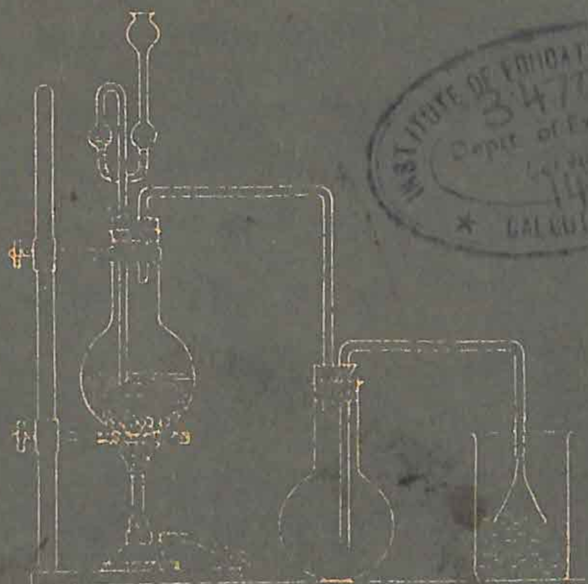
রসায়ন প্রবেশিকা



অধ্যাপক শিবপ্রসাদ বন্দ্যোপাধ্যায়

ক্যালকাটা বুক হাউস

Written strictly according to the Syllabus of Board of Secondary Education, West Bengal, vide Notification No. Syl. 1/62 dated 30. 3. 62. for School Final Schools.

রসায়ন প্রবেশিকা

[For Classes IX & X of School Final Schools]

শ্রীশিবপ্রসাদ বন্দ্যোপাধ্যায়, এম্. এস্-সি.

অধ্যাপক, সিটি কলেজ, কলিকাতা

ক্যালকাটা বুক হাউস

১১, বঙ্কিম চ্যাটার্জি স্ট্রীট, কলিকাতা-১২

প্রকাশক :
শ্রীপরেশচন্দ্র ভাওয়াল
ক্যালকাটা বুক হাউস
১।১, বঙ্কিম চ্যাটার্জি স্ট্রীট
কলিকাতা-১২

March, 1972

মূল্য : ~~পাঁচ টাকা পঞ্চাশ পয়সা~~
6/60

মুদ্রাকর :
শ্রীপরেশচন্দ্র ভাওয়াল
মুদ্রণ ভারতী প্রাইভেট লিমিটেড
২, রামনাথ বিশ্বাস লেন
কলিকাতা-৯

ভূমিকা

মাধ্যমিক বিদ্যালয়ের নবম ও দশম শ্রেণীর ছাত্র-ছাত্রীদের জন্য এই পুস্তকখানি রচিত হইল। বিংশ শতাব্দীতে যখন বিজ্ঞানের প্রভূত প্রসার ঘটিয়াছে তখন নির্দিষ্ট পাঠ্যক্রম অনুসারে রসায়নের পাঠ্যপুস্তক রচনা করা সহজসাধ্য নয়। কারণ, পাঠ্যক্রমে উচ্চতর শিক্ষার জন্য যে সমস্ত বিষয় সংরক্ষিত রাখা হয় উহাদের কোন কোন বিষয় সম্পর্কে প্রাথমিক স্তরের জ্ঞান ছাত্র-ছাত্রীদের না থাকিলে অনেক বিষয়ের সুস্পষ্ট ধারণা করা তাহাদের পক্ষে সম্ভব হয় না। এক কথায় সীমবদ্ধতা অনেক ক্ষেত্রে ছাত্র-ছাত্রীদের সুস্পষ্ট জ্ঞানলাভে বাধা হইয়া পড়ে। এইজন্য পাঠ্যক্রম অনুযায়ী লিখিত হইলেও এই পুস্তকে অতিরিক্ত কিছু কিছু প্রাসঙ্গিক বিষয় আলোচিত হইয়াছে এবং বেশীরভাগ ক্ষেত্রেই এই অতিরিক্ত বিষয়বস্তু ছোট অক্ষরে মুদ্রিত হইয়াছে। নিম্নশ্রেণীর ছাত্র-ছাত্রীদের বিচার-বুদ্ধি এবং বিজ্ঞানের বর্তমান অগ্রগতির প্রতি দৃষ্টি রাখিয়া যত্নসাধ্য পরিকল্পনার মাধ্যমে পুস্তকখানি সর্বাঙ্গসুন্দর করিতে চেষ্টা করা হইয়াছে।

এই প্রয়াসে কতটা সফলতা লাভ করিয়াছি তাহার বিচারের ভার সুধী শিক্ষকমণ্ডলী এবং ছাত্র-ছাত্রীদের উপর। পরবর্তী সংস্করণ সুধী শিক্ষকমণ্ডলীর জ্ঞানগর্ভ মতামতলাভে আরও উন্নত হইবে বলিয়া আশা রাখি।

ইতি—
শ্রীশিবপ্রসাদ বন্দ্যোপাধ্যায়

সূচীপত্র

প্রথম অধ্যায় ঃ	অবতরণিকা অবতরণিকা, রসায়ন চর্চার গোড়ার কথা, আধুনিক মানবসভ্যতায় রসায়নের অবদান, রসায়নের শ্রেণীবিভাগ, রসায়নের উদ্দেশ্য, বিশুদ্ধ পদার্থ, প্রকল্প, তত্ত্ব ও সূত্র	
দ্বিতীয় অধ্যায় ঃ	সাধারণ রসায়নাগার পদ্ধতি ... রসায়নাগারের যন্ত্রপাতি, দ্রবণ, সাধারণ রসায়নাগার পদ্ধতি, মিশ্রণ পৃথকীকরণ	13
তৃতীয় অধ্যায় ঃ	পদার্থ পরিচয়, ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তন জড় পদার্থের অবস্থাভেদ, ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তন, পদার্থের শ্রেণীবিভাগ, মিশ্র ও যৌগিক পদার্থের তুলনা, ধাতু ও অ ধাতুর তুলনা	32
চতুর্থ অধ্যায় ঃ	বায়ু ... বায়ুর সংযুতি সম্পর্কে ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষা, বায়ু একটি মিশ্রণ, যৌগিক পদার্থ নহে, বায়ুর আয়তন—সংযুতি—বেলজার পরীক্ষা	49
পঞ্চম অধ্যায় ঃ	অক্সিজেন ... অক্সিজেনের ইতিবৃত্ত, উৎস, প্রস্তুতি, ধর্ম, ব্যবহার, অক্সাইডের শ্রেণীবিভাগ ও প্রকৃতি নির্ণয়, অন্নঘটন ও দহন	54
ষষ্ঠ অধ্যায় ঃ	নাইট্রোজেন ...	64
সপ্তম অধ্যায় ঃ	হাইড্রোজেন ...	68
অষ্টম অধ্যায় ঃ	জল ... জল, দ্রবণ - বিভিন্ন ধরনের দ্রবণ—দ্রাব্যতা, অক্সাইডের সহিত জলের বিক্রিয়া	76
নবম অধ্যায় ঃ	অণু পরমাণু-চিহ্ন, সঙ্কেত ও সমীকরণ ... অণু ও পরমাণু, পারমাণবিক ও আণবিক গুরুত্ব, চিহ্ন ও সঙ্কেত, যোজ্যতা, রাসায়নিক বিক্রিয়া ও সমীকরণ	94

দশম অধ্যায় ঃ	জারণ ও বিজারণ	...	117
একাদশ অধ্যায় ঃ	তড়িৎ-বিশ্লেষণ	...	123
দ্বাদশ অধ্যায় ঃ	অ্যামোনিয়া	...	127
ত্রয়োদশ অধ্যায় ঃ	নাইট্রিক অ্যাসিড	...	138
চতুর্দশ অধ্যায় ঃ	রাসায়নিক সংযোগবিধিসমূহ জড়ের নিত্যতাবাদ, স্থিরানুপাত সূত্র, গুণানুপাত সূত্র, ডালটনের পরমাণুবাদ	...	144
পঞ্চদশ অধ্যায় ঃ	গ্যাসের সূত্র বয়েল সূত্র ও চার্লস্ সূত্র, গ্যাস সমীকরণ, উদাহরণমালা ও অনুশীলনী	...	151
ষোড়শ অধ্যায় ঃ	গ্যাসায়তন সূত্র ঃ অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প		160
সপ্তদশ অধ্যায় ঃ	সমীকরণ হইতে ওজন ও আয়তন সম্পর্কিত সরল রাসায়নিক গণনা, অনুশীলনী	...	165
অষ্টাদশ অধ্যায় ঃ	রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক তুল্যাঙ্কভার. নির্ণয় পদ্ধতি, উদাহরণমালা ও অনুশীলনী	...	175
উনবিংশ অধ্যায় ঃ	অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি প্রশমন ক্রিয়া, প্রমাণ-দ্রবণ প্রস্তুতকরণ, উদাহরণমালা ও অনুশীলনী	...	186
বিংশ অধ্যায় ঃ	সালফার ও ইহার যৌগ সালফার, সালফার ডাই-অক্সাইড, সালফিউরিক অ্যাসিড, হাইড্রোজেন সালফাইড		207
একবিংশ অধ্যায় ঃ	ক্লোরিন ও ইহার যৌগ ক্লোরিন, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, বিরঞ্জক চূর্ণ	...	226
দ্বাবিংশ অধ্যায় ঃ	কার্বন ও ইহার যৌগ কার্বন, কার্বন ডাই-অক্সাইড	...	240
ত্রয়োবিংশ অধ্যায় ঃ	ধাতু ও ধাতব যৌগ জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম, তাম্র, লৌহ ও ইস্পাত, ধাতব যৌগসমূহ—কষ্টিক সোডা, গ্লবার লবণ, সোডিয়াম কার্বনেট, প্যারিস-প্লাস্টার, চুন, নীল ভিট্রিয়ল, সোদক অ্যালুমিনিয়াম, সালফেট, ফেরাস সালফেট।	...	256

প্রথম অধ্যায়

অবতরণিকা

এই বিশ্বে মানবশিশু যে-দিন প্রথম জন্মলাভ করিল সে-দিন সে ছিল একান্ত অসহায়, নিতান্তই নিঃসম্বল—প্রকৃতপক্ষে এই বিশাল বিশ্বে তাহার এতটুকু ছিল না নিরাপদ আশ্রয়। ঝড়, ঝঞ্ঝা প্রভৃতি প্রাকৃতিক দুর্যোগ, হিংস্র শ্বাপদ ইত্যাদি মিলিয়া তাহার জীবন করিয়া তুলিয়াছিল বিপর্যস্ত। এক কথায় প্রকৃতি ছিল সেদিন প্রতিকূলা, ভয়ঙ্করা। কুটিলা প্রকৃতির ভ্রূকুটির দিকে সেদিন যূপকাষ্ঠবদ্ধ বলির পশুর ন্যায় ভীতিবিহ্বল চিত্তে মানবশিশু করুণভাবে দৃক্‌পাত করিয়াছিল। তাই, আজও দেখা যায় যে মানুষ প্রকৃতিকে বিভিন্ন ভাবে অর্ঘ্য দিতেছে। কিন্তু তাই বলিয়া আদিম মানবশিশু সেদিন প্রকৃতির নিকট সম্পূর্ণভাবে আত্মসমর্পণ করে নাই। সে তাহার প্রয়োজনের তাগিদে নিজেকে বাঁচাইবার জন্যই প্রকৃতির বিরুদ্ধে নিজের অজ্ঞাতসারে বিদ্রোহ ঘোষণা করিয়াছিল। একদিকে আক্রমণ, অপরদিকে আত্মরক্ষা এই দুইয়ের সংঘাতে সৃষ্টি হইল বিজ্ঞান। মানুষ প্রকৃতির উপর আধিপত্য বিস্তার করিতে চাহে। তাই প্রকৃতির সহিত মানুষের লড়াই অবিরাম চলিতেছে। এই লড়াইয়ে মানুষ একের পর এক জয়লাভ করিয়া চলিয়াছে এবং প্রকৃতির হাত হইতে উহার ধনভাণ্ডারের চাবিকাঠি নিজের হাতে কাড়িয়া লইতেছে—মানুষের সৃজনী প্রতিভা তাহাকে নিত্য নূতন জিনিস আবিষ্কার করিতে সাহায্য করিতেছে। মানুষ যে কেবল নিজের প্রয়োজনের তাগিদে বিজ্ঞান চর্চা আরম্ভ করিয়াছে তাহা নহে, অজানাকে জানিবার যে অতৃপ্ত বাসনা বা মহতী প্রেরণা তাহাও মানুষের বিজ্ঞান চর্চার অন্যতম কারণ।

মানুষের এই অনুসন্ধিৎসা তাহাকে তাহার পারিপার্শ্বিক বস্তুরাশির ও বিভিন্ন ঘটনার পরীক্ষা, নিরীক্ষা করিতে প্রেরণা যোগাইয়াছে। এই সকল পরীক্ষার ফলে মানুষ প্রকৃতি সম্পর্কে বহু তথ্যের আবিষ্কার করিতে সমর্থ হইয়াছে। কোন্ কার্য-কারণ সূত্রে বিশ্বের অণু-পরমাণু গ্রথিত তাহা জানিতে সমর্থ হইয়াছে। পুরাতন ও নূতন তথ্যের সংঘাতে দিনে দিনে জ্ঞানের পরিধি বাড়িয়া চলিয়াছে। নূতন জ্ঞান বা তথ্য পুরাতন তথ্যের ত্রুটি বিচ্যুতি বা স্বল্পতা প্রমাণ

করিতে যাইয়া জটিলতর সমস্যার সম্মুখীন হইয়াছে—সমস্যাসঙ্কুল তথ্যের মধ্য হইতেই মানুষ আবার সমাধানের পথ খুঁজিয়া বাহির করিয়াছে।

প্রকৃতি নিয়মের রাজত্ব। এখানে নিয়মের ব্যতিক্রম কখনও ঘটে না। হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের মিলনে জল গঠিত হয়। এই ঘটনা কোন ব্যক্তিবিশেষের ইচ্ছার উপর নির্ভরশীল নহে। হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন উপযুক্ত পরিবেশে মিলিত হইয়া জল গঠন করে—ইহা চিরন্তন সত্য এবং দেশ, কাল ও লোকভেদে শাশ্বত। যে-কোন ব্যক্তি উপযুক্ত যন্ত্রপাতির সাহায্যে ইহা পরীক্ষা করিয়া দেখিতে পারেন। এই সমস্ত তথ্য আবার বিভিন্ন ধরনের। যেমন, টাইফয়েডের জীবাণু লোকদেহে প্রবেশ করিলে লোক ঐ জীবাণু দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং ক্লোরোমাইসেটিন ঐ জীবাণু ধ্বংস করে। আলোচনার সুবিধার জন্য এই সকল বিভিন্ন ধারার তথ্যকে মানুষ বিভিন্ন শাখায় অর্থাৎ বিভিন্ন বিশেষ বিজ্ঞানে বিভক্ত করিয়া উহার ভিন্ন ভিন্ন নাম দিয়াছে। বিজ্ঞানের এইরূপ শ্রেণী বিভাজন করা হইলেও একেবারে নিখুঁত বিভাজন সম্ভব নহে—উচিতও নহে।

এইরূপ একটি শাখার নামকরণ হইয়াছে রসায়ন বিজ্ঞান। ইহার ইংরাজী নাম 'Chemistry'। মিশরের নাম 'কিমি' (qemi) অর্থাৎ 'কালো জমির দেশ' হইতে 'কিমিয়া' (chemeia) শব্দটি উদ্ভূত এবং সম্ভবতঃ ইহা হইতে chemistry শব্দটির উৎপত্তি। বস্তুজগতে আমরা অগণিত, বিচিত্র বস্তুপুঞ্জের সংস্পর্শে আসি। উদাহরণস্বরূপ জল, বায়ু, বালি, চক্, লোহ, গন্ধক ইত্যাদির নাম করা যাইতে পারে। স্পষ্টই দেখা যায় যে ইহারা এক একটি সম্পূর্ণ স্বতন্ত্র পদার্থ—ইহাদের একটির সহিত অপরটির কোন বাহ্যিক সাদৃশ্যও নাই। পদার্থের ধর্ম (properties) বলিতে এইরূপ কতকগুলি গুণকে (qualities) বুঝায় যাহা দ্বারা একটি পদার্থকে অপর পদার্থ হইতে পৃথক্ (distinguish) করা যায়। যেমন, জল একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন তরল পদার্থ, 0°C উষ্ণতায় কঠিনে পরিণত হয় এবং সাধারণ চাপে 100°C উষ্ণতায় ফুটিতে আরম্ভ করে। এই ধর্ম আবার দুই রকমের—ভৌত এবং রাসায়নিক। পদার্থের প্রকৃতি বা গঠন সংযুতির পরিবর্তন না ঘটাইয়া যে-ধর্ম পরীক্ষা করা যায় তাহাকে বলে ভৌত ধর্ম। উপরি-উক্ত ধর্মগুলি জলের ভৌত ধর্ম। কিন্তু যে-ধর্ম পরীক্ষা করিতে পদার্থের প্রকৃতি বা সংযুতির পরিবর্তন ঘটাইতে হয় তাহাকে রাসায়নিক ধর্ম বলে। যেমন, ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা যখন জ্বলিতে থাকে তখন সাদা ধোঁয়া নির্গত হয় এবং

উহা শীতল পাত্রের গায়ে সঞ্চিত হয়। এই সঞ্চিত সাদা কঠিনকে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড বলা হয়। ইহা হইতে বলা যায় যে ম্যাগনেসিয়াম একটি দাহ্য পদার্থ—জলিবার এই ক্ষমতা হইল একটি রাসায়নিক ধর্ম। কারণ, সংশ্লিষ্ট পদার্থের সংযুতির পরিবর্তনের দ্বারা ইহা পরীক্ষা করা যায়। ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড ও ম্যাগনেসিয়াম একই পদার্থ নহে। আবার যখন কাঠ বা কয়লা জলে, লৌহে মরিচা ধরে তখন প্রত্যেক ক্ষেত্রেই নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয় যাহা আদি পদার্থ হইতে একেবারে স্বতন্ত্র। এইরূপ যে-সমস্ত ঘটনায় পদার্থের মৌলিক (radical) পরিবর্তন সাধিত হইয়া আদি পদার্থ হইতে পৃথক্ পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহাকে রাসায়নিক ঘটনা বলা হয় এবং যে-বিজ্ঞানে এই ঘটনা আলোচনা করা হয় তাহাকে বলা হয় **রসায়ন বিজ্ঞান**।

1-1. রসায়ন চর্চার গোড়ার কথা ঃ এই রসায়ন চর্চা যে কোন্ দেশে প্রথম আরম্ভ হইয়াছিল সে সম্পর্কে মতভেদ দেখা যায়। কিন্তু হাজার হাজার বৎসর আগেও যে মানুষ ধারাল অস্ত্র তৈয়ারী করিতে পারিত; আকরিক হইতে ধাতু নিষ্কাশন করিত এবং বিভিন্ন ধাতুসংকর, কাচপাত্র ইত্যাদির প্রস্তুতি যে মানুষের কাছে অজানা ছিল না তাহার নিদর্শন আছে। কিন্তু এ সকলই ছিল তখন কতকগুলি বিচ্ছিন্ন ঘটনা—বিজ্ঞান হিসাবে রসায়নের চর্চা মানুষ তখন করে নাই। প্রয়োজনের তাগিদে ইহার প্রয়োগ বা চর্চা চলিয়াছিল অসংলগ্নভাবে।

প্রাচীন মিশরীয়গণ ধাতু নিষ্কাশন করিতে, কাচপাত্র তৈয়ারী করিতে এবং নানাপ্রকার গাছ-গাছড়া হইতে নানাপ্রকার সুগন্ধি ও ঔষধ নিষ্কাশন জানিত। কাহারও কাহারও মতে প্রাচীন ভারতেই রসায়নের অনুশীলন হইয়াছিল সর্বপ্রথম। আয়ুর্বেদ-শাস্ত্র ইহার নিদর্শন।

চীন দেশেও এই সময় রসায়নের কিছুটা অনুশীলন হইয়াছিল। প্রাচীন হিন্দু দার্শনিকদের লেখা হইতে জানা যায় সেকালের ভারতীয় মনীষিগণ শুধু যে রসায়নের ব্যবহারিক দিক চর্চা করিতেন তাহা নহে, রসায়নের দার্শনিক বা তত্ত্বীয় দিকেরও প্রভূত চর্চা করিয়াছিলেন। তাই দেখিতে পাই মনীষী **কণাদ** সর্বপ্রথম বস্তুর গঠন সম্পর্কে 'পরমাণুবাদ' প্রচার করেন। নাগার্জুন কর্তৃক উদ্ভাবিত প্রয়োগ রসায়নের কোন কোন প্রণালী আজও অনুসৃত হইয়া থাকে।

ভারতীয় অর্থাৎ হিন্দু সভ্যতার সংস্পর্শে রসায়ন গ্রীসে প্রভাব বিস্তার করে এবং গ্রীক্ দার্শনিকগণ রসায়নের তাত্ত্বিক দিকের পর্যালোচনার উপরই সবিশেষ গুরুত্ব আরোপ করেন। লিউকিপ্পাস্, ডিমোক্রিটাস্, অ্যারিস্টোটল প্রভৃতি প্রখ্যাত গ্রীক্ দার্শনিক জড়ের গঠন সম্পর্কিত নানা মতবাদ প্রচার করেন।

শুধু কতকগুলি বিভিন্ন অসংলগ্ন ঘটনার সংকলন হিসাবে যে-রসায়ন, আধুনিক ধারণা অনুযায়ী তাহার উৎস হইল নীল নদের তীরস্থ আলেকজান্দ্রিয়া শহর। এই সকল ঘটনার বেশীর ভাগই হেঁয়ালিপূর্ণ এবং ইহার সৃষ্টি আমাদের শকাব্দের (A. D.) গোড়াতেই। প্রাচীন জগতের কৃষ্টি

বা সংস্কৃতির কেন্দ্র ছিল এই শহর, পৃথিবীর নানা স্থান হইতে লোকজন এবং জিনিসপত্র এখানে আসিত। স্মরণাতীতকাল হইতে রসায়নের যে ব্যবহারিক জ্ঞান মিশরীয়গণের আয়ত্তে ছিল তাহা এখানে কেন্দ্রীভূত হয় এবং এখান হইতে ব্যাপ্তি লাভ করে। গ্রাক্ দার্শনিকগণের অপরিণত চেষ্টা অর্থাৎ তত্ত্বীয় মতবাদেরও খানিকটা উন্নতি ঘটে। আলেকজান্দ্রিয়ার তৎকালীন পুস্তকগুলি বহু রাসায়নিক ঘটনা, যন্ত্রপাতি এবং নানা রাসায়নিক প্রণালী বা প্রক্রিয়া যথা, ভস্মীকরণ, পরিস্রাবণ, কেলাসন ইত্যাদির বর্ণনায় সমৃদ্ধ।

সপ্তম শতকে (VII Century) মিশর জয় করিবার পর আরবগণ এই সঞ্চিত জ্ঞান এবং প্রণালী বা পদ্ধতি প্রয়োগ করিয়া বহু নতুন তথ্যের আবিষ্কার করেন এবং অনেক জিনিস যথা, নাইট্রিক অ্যাসিড, বিভিন্ন লবণ ইত্যাদি প্রস্তুত করেন। এই সময় কিমিয়া (chemeia) শব্দটির সহিত আরবীয় উপপদ অ্যাল (al) যুক্ত হইয়া এই রসায়ন বিদ্যার নামকরণ হইয়াছিল অ্যালকেমী। অ্যালকেমিবিদ্‌দের রসায়ন চর্চার প্রধান উদ্দেশ্য ছিল 'পরশপাথর' (philosopher's stone) এবং অমৃত রস (elixir) আবিষ্কার করা। পরশপাথর আবিষ্কার করিতে পারিলে ইহার পরশে লৌহ, তাম্র ইত্যাদি নিকৃষ্ট ধাতুকে স্বর্ণে পরিণত করিয়া পৃথিবী হইতে দুঃখদৈন্য চিরতরে দূর করা সম্ভব হইবে। আর অমৃত-রসের সন্ধান মিলিলে উহা মানব সমাজকে জরা, ব্যাধি ইত্যাদির হাত হইতে রক্ষা করিয়া অমরত্ব প্রদান করিতে সমর্থ হইবে। এই অসম্ভব ও অবাস্তব ধারণার বশবর্তী হইয়া অ্যালকেমিবিদ্‌রা দ্বিগুণ উৎসাহে রসায়ন চর্চায় মনোনিবেশ করেন; কিন্তু তাহাদের এই অবাস্তব চেষ্টা ফলপ্রসূ হয় নাই। আরবগণ দক্ষিণ স্পেন জয় করিবার পর রসায়ন পশ্চিম ইউরোপে প্রবেশলাভ করে এবং ইউরোপও আরবীয় রসায়নবিদ্‌দের ধারণার দ্বারা সংক্রামিত হয়; ইউরোপীয় রসায়নবিদ্‌রা আরবীয় রসায়নবিদ্‌দের অবাস্তব চেষ্টার অনুগামী হইয়া পড়েন। ইহার ফলে রসায়নের অগ্রগতি বেশ কিছুকাল ধরিয়া ব্যাহত হয়, উহার প্রকৃত উদ্দেশ্য ব্যর্থতায় পর্যবসিত হয়। এই তথাকথিত রসায়নবিদ্‌গণ (অ্যালকেমিবিদ্‌গণ) সহজ বিশ্বাসী লোকদের প্রবঞ্চনা, প্রতারণা করিয়া রাতারাতি ধনী হইবার উপায় হিসাবে রসায়ন বিদ্যাকে গ্রহণ করিয়াছিলেন। তাই জনসাধারণ ইঁহাদের বিদ্যাকে 'জাদুবিদ্যা' মনে করিতেন; ইঁহারা সাধারণ লোকের ভয়ের কারণ হইয়া উঠিয়াছিলেন। দেখিতে পাই 'চছার' লিখিত 'ক্যান্টারবেরি টেলস্' নামক গ্রন্থে এই অ্যালকেমিবিদ্‌দের বিরুদ্ধে প্রতারণা ও প্রবঞ্চনার অভিযোগ।


প্যারাসেল্‌সাস

ষোড়শ শতাব্দীতে রসায়ন চর্চার দৃষ্টিভঙ্গির খানিকটা পরিবর্তন ঘটে। সুইডেনদেশীয় চিকিৎসা বিজ্ঞানী **প্যারাসেল্‌সাস** ও তাঁহার অনুচরবর্গ রসায়ন-বিদ্যাকে উন্নত ধরনের ঔষধ প্রস্তুত করিবার উপায় হিসাবে গ্রহণ করিয়াছিলেন, বস্তুত এই সময় রসায়ন-চর্চা প্রধানত ছিল ভেষজ-মূলক এবং রাসায়নবিদ্যা চিকিৎসাবিদ্যার অংশবিশেষ হইয়া পড়িল। এই সময়টাকে

iatrochemistry বা ভেষজমূলক রসায়নের যুগ বলা হয়। চিকিৎসাবিদ্যার অন্তর্ভুক্ত হইয়া পড়িলেও এই সময়ে রসায়নের খানিকটা উন্নতি পরিলক্ষিত হয়। ইঁহাদের প্রচেষ্টায় অ্যালকেমিবিদদের 'জাদুবিদ্যা', কুসংস্কার এবং অবাস্তব কল্পনার হাত হইতে রসায়ন মুক্তি লাভ করে।

খ্রীষ্টীয় সপ্তদশ শতকে আইরিশ-বিজ্ঞানী রবার্ট **বয়েলই** সর্বপ্রথম পরীক্ষা এবং পর্যবেক্ষণ দ্বারা সিদ্ধান্তে উপনীত হইবার বিজ্ঞানসম্মত পদ্ধতি রসায়ন-বিদ্যার ক্ষেত্রে প্রচলন করেন। তাই তাঁহাকে আমরা আধুনিক রসায়নের জনক হিসাবে খ্যাতি লাভ করিতে দেখি। অ্যালকেমিবিদদের ধাতুর রূপান্তর সম্পর্কিত ধারণা, কুসংস্কার ইত্যাদির বিরুদ্ধে তিনি বজ্রনির্ঘোষে প্রতিবাদ জানাইয়াছিলেন। 1661 খ্রীষ্টাব্দে তিনি তাঁহার বিখ্যাত পুস্তক 'The sceptical chymist' বাহির করেন। এই পুস্তকে তিনি তীব্র ভাবায় অ্যালকেমিবিদদের বিরূপ সমালোচনা করেন। তিনি বলেন, 'মৌলিক পদার্থ হইল সেই সকল পদার্থ যাহারা একাধিক উপাদানে বিযোজিত হইতে পারে না'। বস্তুত তিনিই প্রথম মৌলিক ও যৌগিক পদার্থের ভিতর রাসায়নিক পার্থক্যের প্রাচীর সৃষ্টি করেন। এইভাবে রসায়ন চর্চায় নবযুগের সূত্রপাত। বয়েলের এই মতবাদ রসায়ন চর্চায় যে-বিপ্লব আনিয়াছিল তাহার গুরুত্ব বয়েল কর্তৃক আবিষ্কৃত বহুল প্রচারিত 'বয়েল সূত্র' হইতেও অধিক। এই মতবাদ আবিষ্কারের ফলে অপ্রতিহত বেগে চলিতে লাগিল পদার্থ বিশ্লেষণ —কোন্‌টি মৌলিক এবং কোন্‌টি যৌগিক পদার্থ। 1766 খ্রীষ্টাব্দে ব্রিটিশ বিজ্ঞানী **ক্যাভেণ্ডিস** আবিষ্কার করেন হাইড্রোজেন। অক্সিজেন, সালফার ডাই-অক্সাইড ইত্যাদি গ্যাস আবিষ্কার করেন ব্রিটিশ বিজ্ঞানী **প্রিস্টলী** 1770 খ্রীষ্টাব্দের কাছাকাছি সময়ে। প্রায় একই সময়ে সুইডিশ-বিজ্ঞানী **সিলে** আবিষ্কার করেন ক্লোরিন এবং **রাদারফোর্ড** নাইট্রোজেন। সিলেই সর্বপ্রথম প্রতিপন্ন করেন বায়ুর মিশ্র গঠন। দহন ক্রিয়ার রহস্য ব্যাখ্যা করিয়া বিভ্রান্তিকর 'ফ্লোজিস্টন' (phlogiston) তত্ত্ব নস্যাৎ করেন ফরাসী বিজ্ঞানী **ল্যাভয়সিয়র**। প্রমাণিত হইল জড়ের নিত্যতাবাদ। উনবিংশ শতাব্দীর গোড়ার দিকে জন **ডালটন** প্রতিষ্ঠা করেন তাহার পরমাণুবাদ। তিনি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পরমাণু সংযোগের কথা উল্লেখ করিয়া বলেন, 'একাধিক বিভিন্ন পরমাণুর সংযোগে যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম অংশের সৃষ্টি…ইত্যাদি'। এইরূপে রসায়ন চর্চার চিন্তাধারায় আমূল পরিবর্তন সাধিত হইল। পরীক্ষা, পর্যবেক্ষণ ও যুক্তিতর্কের মাধ্যমে সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়াই রসায়ন চর্চার বিজ্ঞানসম্মত উপায় বলিয়া স্বীকৃত হইল এবং রসায়ন একটি পরিপূর্ণ বিজ্ঞান হিসাবে স্থানলাভ করিল। আজ সমস্ত দেশে দুর্বার বেগে এই বিজ্ঞানের গবেষণা চলিয়াছে; নিত্য নূতন তথ্য



ক্যাভেণ্ডিস

আবিষ্কৃত হইতেছে, এবং সীমিত জ্ঞানের পরিধি বাড়িয়া চলিয়াছে। আশা করা যায় সত্যানুসন্ধিৎসু বিজ্ঞানীরা রহস্যাবৃত প্রকৃতির রহস্য উদ্ঘাটন করিতে সমর্থ হইবেন।

1-2. আধুনিক মানব-সভ্যতায় রসায়নের অবদানঃ আধুনিক সভ্যতায় রসায়নের ভূমিকা অতি গুরুত্বপূর্ণ; বস্তুতঃ রসায়নের অবদান এত অপরিসীম যে ইহার অভাবে এই সভ্যতার কল্পনা করাও কঠিন। মানব-জীবনের বিভিন্ন ক্ষেত্রের সহিত রসায়ন আজ ওতঃপ্রোতভাবে মিশিয়া গিয়াছে। জন-জীবনের বিভিন্ন ক্ষেত্রে রসায়নের যে-অবদান তাহা পৃথক্ পৃথক্ ভাবে নিম্নে আলোচনা করা হইল ঃ

মানুষের প্রথম ও প্রধান প্রয়োজন খাদ্য। জনসংখ্যা বৃদ্ধির সহিত খাদ্য-শস্যের উৎপাদন বৃদ্ধিরও সমস্যা দেখা দিয়াছে। **খাদ্যসমস্যা সমাধানে রসায়ন** তাই, নানাপ্রকার কৃত্রিম সার, যথা— অ্যামোনিয়াম সালফেট, সুপার ফস্‌ফেট অব লাইম ইত্যাদি প্রস্তুত করিয়া উহাদের সাহায্যে জমির উৎপাদিকা শক্তি বৃদ্ধি করিতে সাহায্য করিয়াছে এবং ফলে খাদ্যশস্যের ফলন বৃদ্ধি পাইয়াছে। নানাপ্রকার কীটঘ্ন রাসায়নিক প্রয়োগে খাদ্যশস্যের অপচয় রোধ করা হইয়াছে। রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় উৎকৃষ্ট বীজ সংরক্ষণের ব্যবস্থা করিয়া কৃষির সহায়তা করা হইতেছে। রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় খাদ্যদ্রব্যের সংরক্ষণের ব্যবস্থা করা হইয়াছে— যাহার ফলে এক ঋতুর খাদ্যদ্রব্য অন্য ঋতুতে পাওয়া যাইতেছে, এক দেশের উদ্বৃত্ত খাদ্যশস্য অন্যদেশের অভাব পূরণে ব্যবহৃত হইতেছে। এইভাবে খাদ্য-দ্রব্যের সদ্ব্যবহার হইতেছে।

চিকিৎসা ও স্বাস্থ্যরক্ষায় রসায়ন—মানুষের দ্বিতীয় প্রয়োজন হইল দেহকে সুস্থ ও সবল রাখা এবং সংক্রামক ব্যাধির হাত হইতে দেহকে মুক্ত রাখা। এক্ষেত্রে রসায়নের অবদান অসামান্য ও অপরিমেয়। ক্লোরিন, ব্লিচিং পাউডার, ফিনাইল, ডেটল ইত্যাদি জীবাণুনাশক রাসায়নিক দ্রব্যাদির প্রয়োগে জীবাণুঘটিত ব্যাধির আক্রমণ হইতে রক্ষা পাওয়া সম্ভব হইয়াছে। আগে যে-সকল ব্যাধির আক্রমণ ঘটিলে নিশ্চিত মৃত্যুর দিকে ধীরে ধীরে অগ্রসর হওয়া ছাড়া আর কোন উপায় ছিল না. রাসায়নিক গবেষণার ফলে এখন আর মানুষকে ঐরূপ অসহায়ভাবে মৃত্যুর নিকট আত্মসমর্পণ করিতে হয় না। টাইফয়েডে ক্লোরোমাইসেটিন, নিউমোনিয়ায় পেনিসিলিন, যক্ষায় স্ট্রেপটোমাইসিন, কালাজ্বরে ইউরিয়া ষ্টিবামিন, ম্যালেরিয়ায় কুইনিন ইত্যাদি অতি চমৎকার ফলপ্রদ ঔষধ। তেজস্ক্রিয় রশ্মি, রেডিয়াম ইত্যাদির সাহায্যে তাই দুরারোগ্য ব্যাধির চিকিৎসা

হইতেছে। ক্লোরোফর্ম, ইথার, নোভোকেন প্রভৃতি চেতনানাশক রাসায়নিক দ্রব্যাদির প্রয়োগে অস্ত্রোপচারের বিষম যন্ত্রণা হইতে অব্যাহতি পাইবার ব্যবস্থা হইয়াছে। আয়োডোফর্ম, লিস্টারিন ইত্যাদি জীবাণু-নাশক রাসায়নিক দ্রব্যাদির আবিষ্কার দুষ্টক্ষত চিকিৎসায় বিশেষ সহায়ক হইয়াছে। ইহা ছাড়া, রসায়নের সাহায্যে খাদ্যের শ্রেণীবিভাজন সম্ভব হইয়াছে, খাদ্যের গুণাগুণ জানা গিয়াছে। তাই, আমাদের স্বাস্থ্য ও পুষ্টি অনেকাংশে রসায়নের জ্ঞান ও তাহার প্রয়োগের উপর নির্ভরশীল। যে-শ্রেণীর লোকের পক্ষে যে-খাদ্য সুষম তাহা গ্রহণ করিয়া সহজেই দেহের ক্ষয়পূরণ ও পুষ্টিসাধন করিয়া দেহকে কর্মক্ষম রাখা সম্ভব হইয়াছে।

মানবের সুবিধা ও সুখস্বাচ্ছন্দ্যে রসায়ন—রসায়নের অগ্রগতির সঙ্গে সঙ্গে মানুষের ভোগবিলাস, আমোদ-প্রমোদ ইত্যাদির উপকরণও বাড়িয়া চলিয়াছে। আগে যে-সকল জিনিস কেবলমাত্র ধনীদের ভোগ্যবস্তু ছিল রসায়নের কৃপায় আজকাল তাহা সর্বসাধারণের ভোগ্যবস্তু। যে বরফ একদা কেবল ধনীদের সুখসম্ভোগের উপকরণ ছিল আজকাল তাহা যে-কোন লোকের পক্ষে কল্পনা করাও কঠিন। দেহ, পোশাক-পরিচ্ছদ ইত্যাদি পরিষ্কার রাখিবার জন্য সাবান, সোডা ইত্যাদির আবিষ্কার ও ব্যবহার রসায়নের জ্ঞান ও তাহার প্রয়োগের ফলেই সম্ভব হইয়াছে। আদিম যুগে অগ্নি উৎপাদন করিতে মানুষকে কতই না কষ্ট করিতে হইয়াছে! পাথরে পাথরে ঘর্ষণ করিয়া তখন অগ্নি সৃষ্টি করা হইত। দিয়াশলাই আবিষ্কারের ফলে মানুষের কষ্টের লাঘব হইয়াছে। একদা যে সকল অত্যাবশ্যক দ্রব্যের জন্য প্রকৃতির উপর নির্ভর করিতে হইত আজ তাহা (যথা : নীল, রবার) রসায়নাগারে প্রস্তুত হইতেছে। আজ বিস্মিত নয়নে দেখিতে পাই বাঁশ ও কাঠ হইতে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় প্রস্তুত হইতেছে কাগজ, সেলুলয়েড, কৃত্রিম রেশম ইত্যাদি। আধুনিক সভ্যতার সহায়ক এবং একটি অপরিহার্য উপকরণ এই কাগজ। শিক্ষা ও সভ্যতার একটি অত্যাবশ্যক উপকরণ হইল কাচ। প্রয়োজনানুযায়ী বিভিন্ন গুণসমন্বিত ও বিভিন্ন রঙবিশিষ্ট কাচ রাসায়নিক প্রক্রিয়ার সাহায্যে প্রস্তুত করা হইতেছে। দরজা, জানালা হইতে আরম্ভ করিয়া নানাপ্রকার যন্ত্রপাতি, যথা—টেলিস্কোপ, মাইক্রোস্কোপ ইত্যাদিতে কাচের প্রয়োজন হয়। নানাপ্রকার প্রসাধন, সুগন্ধি ও তৈল রসায়নেরই অবদান। মনোমুগ্ধকারী নানাপ্রকার রঙের সৃষ্টি এবং বস্ত্রাদি রঙ করিয়া নানাপ্রকার নয়নাভিরাম উপকরণ প্রস্তুত রসায়নের অনুকম্পায় সম্ভব

হইয়াছে। বিস্মিত হইয়া দেখি যে কালো, কুৎসিত, দুর্গন্ধযুক্ত, একদা পরিত্যক্ত আলকাতরা হইতে পাওয়া যাইতেছে গন্ধসার, সুন্দর সুন্দর রঙ এবং আরও অনেক কিছু। গ্রামোফোনের রেকর্ড, সিনেমার ফিল্‌ম্, অভঙ্গুর কাচ, কৃত্রিম পেট্রোল ইত্যাদি বহু রকমের উপকরণের উৎপাদন আমাদের আনন্দ বিধান এবং সুখ স্বাচ্ছন্দ্য বৃদ্ধিতে নানাপ্রকারে সহায়ক হইয়াছে। রাসায়নিক শিল্পসমূহ সর্বাপেক্ষা অধিক সংখ্যক কর্ম-সংস্থানের সুযোগ সৃষ্টি করিয়া ক্রমবর্ধমান বেকার সমস্যার সমাধানের পথ নির্দেশ করিয়াছে।

শিল্প-প্রসার ও শিল্পের উন্নতি সাধনে রসায়ন—শিল্প-প্রসার এবং শিল্পের উন্নতি সাধনেও রসায়নের অবদান অপরিসীম। খনিজ হইতে লৌহ, তাম্র, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতু নিষ্কাশিত হইতেছে। বিভিন্ন ধাতুর মিশ্রণে ধাতুসংকর তৈয়ারী হইয়াছে। রেলগাড়ী, মোটর গাড়ী, বিমান, জাহাজ ইত্যাদির জন্য প্রয়োজনীয় বিভিন্ন ধাতুসংকর সরবরাহ করা সম্ভবপর হইয়াছে। কৃত্রিম নীল তৈয়ারী হওয়ার পর নীলের চাষই বন্ধ হইয়া গিয়াছে। গ্যাসোলিন, কৃত্রিম পেট্রোল, কৃত্রিম রবার যানবাহনের অপরিহার্য অঙ্গ। সিমেণ্ট, কংক্রীট, ইস্পাত প্রভৃতি শিল্প উত্তরোত্তর বৃদ্ধি পাইতেছে। আজকাল এরূপ গুণসমন্বিত প্লাষ্টিক তৈয়ারী করা সম্ভব হইয়াছে যাহা বিমান ও মোটর শিল্পে ক্রমান্বয়ে অধিকতর পরিমাণে ব্যবহৃত হইতেছে। উদ্ভিজ্জ তৈলকে রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় কৃত্রিম ঘৃতে পরিণত করা হইতেছে। সালফিউরিক অ্যাসিড বর্তমান সভ্যতার একটি অপরিহার্য অঙ্গ। আগে ইহা একমাত্র প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হইত। কিন্তু বর্তমানে ইহার বেশীর ভাগই স্পর্শ পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়। নানা কারণে প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি অপেক্ষা শেষোক্ত পদ্ধতি অধিক সুবিধাজনক। উদাহরণস্বরূপ বলা যাইতে পারে, স্পর্শ পদ্ধতিতে উৎপাদিত অ্যাসিডের গাঢ়ীকরণের প্রয়োজন হয় না। কিন্তু অপর পদ্ধতিতে প্রাপ্ত অ্যাসিডকে বিশেষ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে গাঢ় করিতে হয়। বর্তমানে ফস্‌ফরাস আর পুরাতন পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয় না ; অপেক্ষাকৃত উন্নততর আধুনিক রিডম্যান-পার্কার-রবিনসন-পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হইয়া থাকে। রসায়ন সম্পর্কিত আমাদের সীমিত জ্ঞানের পরিধি বৃদ্ধি পাইবার সঙ্গে সঙ্গেই এইভাবে যান্ত্রিক উৎপাদন ব্যবস্থা দিন দিন উন্নত হইতে উন্নততর করা সম্ভব হইয়াছে।

রসায়নের অপপ্রয়োগ—বিভিন্ন স্থানে সংঘটিত ধ্বংসলীলা আজ মানব-মনে সত্যই এক সংশয়ের সৃষ্টি করিতেছে—রসায়ন ও রসায়ন-বিজ্ঞানী কি চাহে?

বস্তুত রসায়ন যে কেবল মঙ্গলজনক তাহা নহে, ইহার সাহায্যে মানবজাতির যে-অকল্যাণ সাধিত হইতেছে তাহা অকিঞ্চিৎকর নহে। বারুদ, বিষাক্ত গ্যাস ইত্যাদি হইতে আরম্ভ করিয়া নানাপ্রকার ভয়ঙ্কর ও মারাত্মক অস্ত্রও প্রস্তুত করিতে সাহায্য করিবার জন্য রসায়ন মানবের আদিম পশু প্রকৃতির পার্শ্বে আসিয়া দাঁড়াইয়াছে। তৈয়ারী হইয়াছে মানুষের জিঘাংসা প্রবৃত্তির চরিতার্থে বিশ্বত্রাস "পরমাণু বোমা", "হাইড্রোজেন বোমা" আরও কত কি! ইহা ছাড়া, অতিলোভী সমাজবিরোধী মানুষ অতি মুনাফার আশায় অত্যাবশ্যক ভোগ্যবস্তুতে নানাপ্রকার ভেজাল মিশাইয়া মানবসমাজকে ব্যাধিগ্রস্ত করিয়া তুলিতেছে, যাহার ফলে দুরারোগ্য ব্যাধির দ্বারা আক্রান্ত হইয়া মানব অকাল-মৃত্যুর কবলে পতিত হইতেছে। রসায়নের জ্ঞান ছাড়া এই ভেজাল মিশান সম্ভব হইত কি? ইহার জন্য রসায়ন দায়ী নহে। এই রাসায়নিক জ্ঞানকে মানব কল্যাণেও লাগান যাইতে পারে। ডিনামাইটের ন্যায় বিস্ফোরকের সাহায্যে পাহাড়-পর্বত বিদীর্ণ করিয়া যাতায়াতের পথ সুগম করা যাইতে পারে, পরমাণু শক্তিকে সুসংহত করিয়া জাহাজ, কলকারখানা ইত্যাদি চালানো যাইতে পারে; আবার নিমেষে ধ্বংস করা যাইতে পারে শত্রুর রাজধানী। ক্ষমতালোভী স্বার্থান্ধ মানুষ যদি তাহার আদিম পশু-প্রকৃতির বশবর্তী হইয়া রসায়নের আবিষ্কারের অপপ্রয়োগে পৃথিবীর বুকে ধ্বংসের তাণ্ডবলীলা ডাকিয়া আনে, তাহা হইলে উহার জন্য দায়ী হইবে কে?—রসায়ন নিশ্চয়ই নয়।

1-3. রসায়নের শ্রেণীবিভাগ ঃ রসায়ন বিদ্যা এতটা প্রসারলাভ করিয়াছে যে আলোচনা এবং পঠন-পাঠনের সুবিধার জন্য ইহাকে তিনটি প্রধান ভাগে ভাগ করা হইয়াছে। নিম্নে ইহার সম্পর্কে আলোচনা করা হইল ঃ

(i) **অজৈব রসায়ন** (Inorganic Chemistry) ঃ ইহাতে প্রধানত খনিজ পদার্থ এবং কার্বন-বিহীন পদার্থের আলোচনা করা হয়। বিভিন্ন খনিজ পদার্থ, ধাতু, অ-ধাতু, অম্ল, ক্ষারক, লবণ ইত্যাদির আলোচনা এই রসায়নের অন্তর্ভুক্ত।

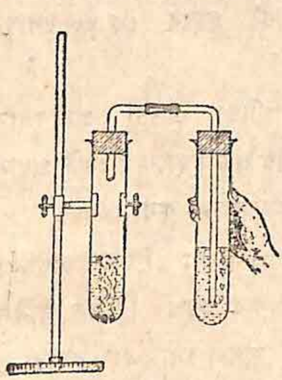
(ii) **জৈব রসায়ন** (Organic Chemistry) ঃ ইহাতে কার্বনযুক্ত যৌগের আলোচনা করা হয়। প্রধানত প্রাণিজ ও উদ্ভিজ্জ পদার্থের আলোচনা এই রসায়নের বিষয়বস্তু। যথা—চিনি, কোহল, পেট্রোলিয়াম ইত্যাদির আলোচনা এই জৈব-রসায়নের অন্তর্ভুক্ত। কার্বনযুক্ত যৌগের আলোচনা ইহার

অন্তর্ভুক্ত হইলেও কার্বন ও ইহার অক্সাইডদ্বয় (কার্বন মনোক্সাইড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড) এবং কার্বনেটের আলোচনা করা হয় অজৈব রসায়নে।

(iii) **ভৌত রসায়ন** (Physical Chemistry): পদার্থের রূপান্তর নিয়ন্ত্রণকারী বৈজ্ঞানিক সূত্রসমূহ এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ার উপর শক্তি যথা, চাপ, তাপ ইত্যাদির প্রভাবের আলোচনাই ভৌত রসায়ন।

1-4. রসায়নের উদ্দেশ্য (Aim of Chemistry): বস্তুজগতে আমরা বহু বিচিত্র বস্তুরাশির সংস্পর্শে আসি। রসায়নের উদ্দেশ্য হইল: (i) পরীক্ষা ও পর্যবেক্ষণ দ্বারা এই সকল বস্তুগুলির ধর্মের সহিত সম্যক্ পরিচিত হওয়া; (ii) বস্তুর উপাদানগুলি পৃথক্ করিয়া উহাদের পারস্পরিক সম্পর্ক নির্ধারণ করা বা উহার (বস্তুর) গঠনমূলক সংযুতি নিরূপণ করা; (iii) বস্তুগুলির পারস্পরিক সংযোগে যে-পরিবর্তন ঘটে তাহা জানা; (iv) বাহিক কারণ, যথা—চাপ, উষ্ণতা ইত্যাদির পরিবর্তন ঘটিলে, বস্তুর গঠনসংযুতির কোন পরিবর্তন ঘটে কি-না তাহা জানা এবং (v) সম্ভব হইলে বস্তুটি যে যে উপাদানে গঠিত অনুরূপ উপাদানগুলি লইয়া কৃত্রিম উপায়ে ঐ বস্তু তৈয়ারী করা।

একটি পরীক্ষানলে কয়েক টুক্রা মার্বেল লইয়া উহাতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করা হইল। পরীক্ষানলস্থিত তরলের সমগ্র অংশ হইতে বুদ্বুদন শুরু হয়, তরলটি উষ্ণতর হয় এবং পরীক্ষানল হইতে একটি গ্যাস নির্গত হইতে থাকে। এই উৎপন্ন গ্যাসকে অপর একটি পরীক্ষানলের চুনজলের ভিতর প্রবাহিত করাইলে চুনজল ঘোলাটে হয়। রসায়ন এক্ষেত্রে মার্বেল এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উভয়েরই গঠন-সংযুতি (composition) নির্ধারণ করিতে চেষ্টা করে এবং সমগ্র পরীক্ষাটিতে কি পরিবর্তন ঘটে তাহা আলোচনা করে। এই পরিবর্তনে পদার্থসমূহের কি-পরিমাণ অংশ গ্রহণ করে এবং কত তাপই বা উদ্ভূত হয় তাহাও রসায়নের আলোচনার বিষয়বস্তু।



চুনজল ঘোলাটে হয়

1-5. বিশুদ্ধ পদার্থ (Pure substance): চিনির দ্রবণে চিনি এবং জলের অণু বর্তমান। বারুদে তিন প্রকারের অণু বর্তমান। কয়লা, গন্ধক এবং সোরা

উপযুক্ত অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া বারুদ প্রস্তুত করা হয়। আবার এক টুক্‌রা স্বর্ণের সর্বাংশ মূলতঃ একই প্রকার অণু দ্বারা গঠিত; সোরার সকল কেলাসগুলিতে একই প্রকার অণু বর্তমান। শেষোক্ত পদার্থগুলি অর্থাৎ স্বর্ণ, সোরা ইত্যাদি বিশুদ্ধ পদার্থ, কিন্তু চিনির দ্রবণ, বারুদ ইত্যাদি বিশুদ্ধ পদার্থ নহে। প্রকৃতিতে বিশুদ্ধ পদার্থ পাওয়া যায় কদাচিৎ। প্রকৃতিজাত পদার্থগুলি প্রধানতঃ কতকগুলি বিভিন্ন পদার্থের মিশ্রণ। উদাহরণস্বরূপ বলা যাইতে পারে যে প্রাকৃতিক জলে বিভিন্ন খনিজ লবণ স্বল্প পরিমাণে বর্তমান। মিশ্রণে যদি উহার কোন একটি উপাদান প্রাধান্য লাভ করে, তাহা হইলে সমস্ত মিশ্রণটিকে ঐ উপাদান পদার্থের নামে অভিহিত করা হয় এবং অন্যান্য উপদানগুলিকে সাধারণত অশুদ্ধি হিসাবে গণ্য করা হয়। এই অশুদ্ধিগুলির পরিমাণ যদি এরূপ অল্প হয় যে উহারা পদার্থটির চর্চা (investigation) বা ব্যবহারে কোন প্রতিবন্ধকতা সৃষ্টি করিতে না পারে তাহা হইলে বলা হয় যে পদার্থটি 'রসায়নসম্মত (chemically) বিশুদ্ধ'। প্রকৃতপক্ষে সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ পদার্থের কোন অস্তিত্ব জানা নাই।

1-6. প্রকল্প, তত্ত্ব ও সূত্র (Hypothesis, theory and law): অন্যান্য বিজ্ঞানের ন্যায় রসায়নেও কোন ঘটনার অনুধ্যানের (study) প্রথম ধাপটি হইল ঘটনার পর্যবেক্ষণ ও বর্ণনা। কিন্তু এই পর্যবেক্ষণ ও বর্ণনার মধ্যেই বৈজ্ঞানিক চিন্তাধারা সীমাবদ্ধ নহে। ইহার সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ কাজ হইল উহার ব্যাখ্যা করা। ইহার জন্য প্রয়োজন কার্যকারণ সম্বন্ধ নির্ণয় করা এবং কি কি শর্তে ঘটনাটি ঘটিয়া থাকে সে সম্পর্কে সম্যক্ অবহিত হওয়া। এই কারণেই আমরা গবেষণার উপযুক্ত পরিবেশে বিভিন্ন ঘটনা কৃত্রিম উপায়ে সৃষ্টি (artificial reproduction) করিয়া থাকি। ঘটনার এই কৃত্রিম পুনরুৎপাদনের নামই **পরীক্ষা** (experiment)।

কোন কোন ঘটনা ব্যাখ্যা করিবার জন্য আমাদের 'কল্পনা বা অনুমানের' আশ্রয় লইতে হয়। এই অনুমান যদি জ্ঞাত (বিশেষ বিশেষ) ঘটনা এবং সূত্রের সহিত সামঞ্জস্যপূর্ণ হয় এবং ইহাতে নূতন তথ্য আবিষ্কারের ইঙ্গিত থাকে তাহা হইলে অনুমান **প্রকল্পে** (hypothesis) পরিণত হয়। অতএব, বিশেষ বিশেষ ঘটনা সাধারণীকরণের মাধ্যমে যে-ধারণা গড়িয়া ওঠে তাহারই নাম প্রকল্প। অন্যান্য বিভিন্ন ঘটনায় এই ধারণার প্রয়োগ চালান হয়। ইহা ছাড়া এই ধারণাজাত সিদ্ধান্ত ও অনুসিদ্ধান্তের সত্যতা পরীক্ষা দ্বারা নির্ধারণ করা হয়। ইহার ফলে যদি দেখা যায় যে ধারণাটি প্রয়োগসিদ্ধ এবং সিদ্ধান্তগুলি বাস্তব বা সত্য তাহা হইলে ধারণাটি অর্থাৎ প্রকল্পটি **তত্ত্বে** (theory) পরিণত হয়, অন্যথায় এই প্রকল্প পরিত্যাগ করিয়া নূতন প্রকল্প খাড়া করা হয় এবং

অনুরূপভাবে উহার সত্যতা পরখ করা হয়। আবার, নূতন কোন তথ্যই যদি এই তত্ত্বের বিরুদ্ধাচরণ না করে (অর্থাৎ তত্ত্বের সহিত সামঞ্জস্যপূর্ণ হয়) তাহা হইলে তত্ত্ব **সূত্রে** (law) পরিণত হয় ; কিন্তু বিরুদ্ধাচরণ করিলে সম্ভব হইলে তত্ত্বটি পরিবর্তিত, আর না হয় পরিত্যাগ করিতে হইবে।

Questions (প্রশ্নমালা)

1. What is chemistry ? Describe what you know about its role in human civilisation.

[রসায়ন বলিতে কি বুঝ ? মানবসভ্যতায় রসায়নের অবদান সম্পর্কে যাহা জান লিখ।]

2. Write a short history of the study of science of chemistry.

[রসায়ন চর্চার ইতিহাসের একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।]

3. 'Is chemistry a blessing or a curse ?'—Discuss.

['রসায়ন আশীর্বাদ না অভিশাপ ?'—আলোচনা কর।]

4. What are the chief departments of chemistry ? Indicate in brief the subject-matter of each department.

[রসায়ন শাস্ত্র কয়টি প্রধান ভাগে বিভক্ত ? প্রত্যেকটি বিষয়বস্তুর সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।]

5. What is the aim of chemistry ? What do you understand by the term 'pure substance' ? State your answer with illustration.

[রসায়নের উদ্দেশ্য বিবৃত কর। 'বিশুদ্ধ পদার্থ' বলিতে কি বুঝ ?—উদাহরণসহ উত্তর লিখ।]

6. (a) 'Absolutely pure substance is unknown'—Discuss. (b) What do you understand by the term 'experiment' ? Show the difference between hypothesis, theory and law.

[(a) 'প্রকৃত বা সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ পদার্থের অস্তিত্ব জানা নাই'—আলোচনা কর। (b) 'পরীক্ষা' বলিতে কি বুঝ ? প্রকল্প, তত্ত্ব ও সূত্রের পার্থক্য নিরূপণ কর।]

দ্বিতীয় অধ্যায়

সাধারণ রসায়নাগার পদ্ধতি

(Common Laboratory Processes)

2-1. রসায়নাগারের যন্ত্রপাতিঃ রসায়ন বিজ্ঞান প্রধানতঃ পরীক্ষামূলক এবং কোন বিষয় অনুশীলনের বিজ্ঞানসম্মত পদ্ধতি পরীক্ষা, নিরীক্ষা ও সিদ্ধান্ত এই তিন পর্যায়ে বিভক্ত। উপযুক্ত যন্ত্রপাতির সাহায্যে কোন বিশেষ পরিবেশে পরীক্ষাকার্য চালাইয়া যে পরিবর্তন ঘটে তাহা নিরীক্ষণ করা হয় এবং পরীক্ষালব্ধ ফলাফলের সহিত উহার সমপর্যায়ের অভিজ্ঞতার তুলনা করিয়া যুক্তিসঙ্গত বিশেষ সিদ্ধান্তে উপনীত হইতে হয়। সার্থক পরীক্ষার উপর বিজ্ঞান অনুশীলনের সফলতা নির্ভরশীল। তাই সুষ্ঠু পরীক্ষার জন্য প্রয়োজন উপযুক্ত পরিবেশ, বিভিন্ন যন্ত্রপাতি ও রাসায়নিক দ্রব্যাদি এবং এই কারণেই ইহাদের সকলের নিপুণ সমাবেশে সৃষ্টি করা হইয়াছে আধুনিক বৈজ্ঞানিক পরীক্ষাগার (laboratory)। যে পরীক্ষাগারে রসায়নবিদ্যার চর্চা ও গবেষণা করা হয় তাহার নাম রসায়নাগার।

রসায়নাগারে ব্যবহৃত সাধারণ যন্ত্রপাতির সহিত পরিচিত থাকা অবশ্য প্রয়োজন বলিয়া এই সকল যন্ত্রপাতির নামসহ চিত্র এই পুস্তকের যথাস্থানে দেওয়া হইয়াছে। এই সকল যন্ত্রপাতির গঠন, প্রয়োগ-কৌশল, ইত্যাদির বর্ণনা এখানে নিষ্প্রয়োজন। কারণ, বিভিন্ন প্রক্রিয়া অনুশীলনের সময় ছাত্র-ছাত্রীগণ বাস্তব অভিজ্ঞতা হইতে ইহাদের নাম, গঠন, ব্যবহারের কৌশল ইত্যাদি সম্পর্কে সম্যক্ অবহিত হইবে এবং এইভাবে লব্ধ জ্ঞান অপেক্ষাকৃত অধিককাল স্থায়ী হইবে।

2-2. দ্রবণ (solution): একটি পরীক্ষানলে খানিকটা জল লইয়া উহাতে অল্প পরিমাণ খাদ্যলবণ (বা চিনি) যোগ করিয়া পরীক্ষানলটি ভালভাবে ঝাঁকাইলে দেখা যায় যে খাদ্যলবণ (বা চিনি) অদৃশ্য হইয়া যায়। কিন্তু স্বাদ হইতে জলে ইহাদের অস্তিত্ব বুঝা যায়। এক্ষেত্রে বলা হয় যে খাদ্যলবণ (বা চিনি) জলে দ্রবীভূত হইয়াছে এবং একটি দ্রবণ তৈয়ারী হইয়াছে। জল এবং লবণ (বা চিনি) ওতঃপ্রোতভাবে মিশিয়া গিয়াছে এবং দ্রবণের যে কোন অংশে লবণ (বা চিনি) ও জলের অনুপাত এক। যে-পদার্থ দ্রবীভূত হয় তাহাকে বলা হয় দ্রাব (solute) এবং যে মাধ্যমে দ্রাব দ্রবীভূত হয় অর্থাৎ

যে-পদার্থ দ্রবীভূত করে তাহাকে বলা হয় দ্রাবক (solvent)। এক্ষেত্রে জল দ্রাবক এবং লবণ (বা চিনি) দ্রাব।

∴ দ্রাব + দ্রাবক = দ্রবণ।

দ্রবণ সম্পর্কে পরে বিস্তারিত আলোচনা করা হইবে। এখন সাধারণ রসায়নাগার পদ্ধতিসমূহের আলোচনা করা যাউক।

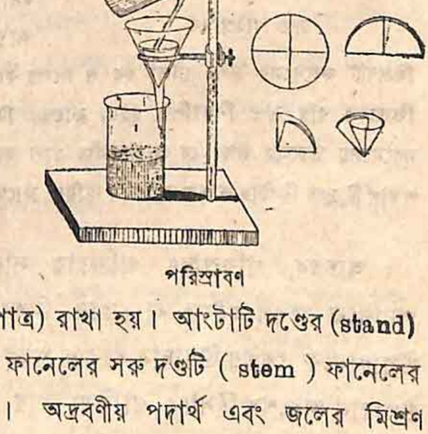
2-3. সাধারণ রসায়নাগার পদ্ধতি ঃ কোন্ কার্যের জন্য কোন্ প্রক্রিয়া অবলম্বন করিতে হয় তাহা স্বভাবতঃই সুনির্দিষ্ট। মনে কর, একটি বীকারে খানিকটা জলের সহিত এরূপ পরিমাণে খাদ্যলবণ মিশ্রিত করা হইল যাহাতে খাদ্যলবণের সমস্তটুকুই জলে দ্রবীভূত হইয়া যায়। অপর একটি বীকারে জলের সহিত খানিকটা কাঠের গুঁড়া এবং তৃতীয় বীকারে জলের সহিত খানিকটা মাটি মিশ্রিত করা হইল। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, প্রথম ক্ষেত্রে উপাদান দুইটি ওতঃপ্রোতভাবে মিশিয়া গিয়াছে। কিন্তু দ্বিতীয় ক্ষেত্রে কাঠের গুঁড়া জলের উপর ভাসমান অবস্থায় থাকে ; তৃতীয় ক্ষেত্রে মাটি জলের ভিতর প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে এবং শেষ পর্যন্ত এই মাটি বীকারের তলদেশে থিতাইয়া পড়ে। এখন এই মিশ্রণগুলির উপাদানসমূহ পৃথক্ করিবার জন্য দ্বিতীয় বা তৃতীয় মিশ্রণের ক্ষেত্রে যে প্রক্রিয়া প্রযোজ্য তাহা প্রথম মিশ্রণের ক্ষেত্রে একেবারেই অচল। নিম্নে এই সকল প্রক্রিয়াসমূহের কয়েকটি আলোচনা করা হইল।

(i) **আস্রাবণ ও পরিস্রাবণ** (Decantation and filtration) ঃ বালি ও খাদ্যলবণের একটি মিশ্রণের খানিকটা একটি বীকারে লইয়া উপযুক্ত পরিমাণ জল সহযোগে ভালভাবে নাড়িয়া দিলে খাদ্যলবণ জলে দ্রবীভূত হইয়া যায়, কিন্তু বালি অদ্রাব্য বলিয়া জলের ভিতর প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে। আধারস্থ বস্তুসমুদয়সহ বীকারটি স্থিরভাবে রাখিলে, বালি অপেক্ষাকৃত ভারী বলিয়া বীকারের তলদেশে থিতাইয়া পড়ে এবং উপরের তরল প্রায় স্বচ্ছ হইয়া যায়। পাত্রের তলদেশে সঞ্চিত এই কঠিনকে **গাদ** (sediment) বলে এবং এইভাবে ভারী, অদ্রাব্য কঠিনকে পাত্রের তলদেশে সঞ্চিত হইতে দেওয়ার প্রণালীকে **থিতান** (sedimentation) বলে। পাত্রের তলদেশে সঞ্চিত কঠিনকে যথাসম্ভব না নাড়িয়া উপরের স্বচ্ছ তরলকে অন্য পাত্রে ঢালা যাইতে পারে। এইভাবে গাদকে যথাসম্ভব না নাড়িয়া উপরের স্বচ্ছ তরলকে অন্য পাত্রে ঢালিবার প্রণালীকে **আস্রাবণ** (decantation) বলে।

প্রণালীর বিবরণ হইতে ইহা স্পষ্টই বুঝা যায় যে, এই প্রণালীতে সমস্ত তরলটুকু পৃথক্ করা প্রায় অসম্ভব। ইহা ছাড়া, এমন অনেক অদ্রাব্য কঠিন আছে যাহা তাড়াতাড়ি থিতায় না, বিশেষতঃ ঐ কঠিন যদি খুব হাল্কা ও সূক্ষ্ম গুঁড়ার আকারের হয় তাহা হইলে থিতাইতে আরও বেশী সময় লাগে। এই সকল কঠিনের ক্ষেত্রে পরিস্রাবণ (filtration) প্রণালীতে পৃথকীকরণ নিষ্পন্ন করা হয়। যে-প্রক্রিয়ায় কোন সচ্ছিদ্র পদার্থ, যথা—ফিল্টার কাগজ, অ্যাসবেস্টস্, কাচের পশম (glass wool) ইত্যাদির সাহায্যে অদ্রাব্য কঠিনকে তরল হইতে সম্পূর্ণরূপে পৃথক্ করা হয় তাহাকে বলে **পরিস্রাবণ** (filtration)।

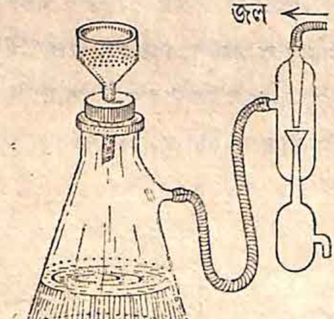
এই প্রক্রিয়ার যে-দৃষ্টান্ত সচরাচর চোখে পড়ে তাহা হইল গৃহস্থালীর পানীয় জল পরিস্রুত-করণ। গৃহস্থালীর পানীয় জল কাঠকয়লা ও বালির মধ্য দিয়া পরিস্রুত করা হয়।

এক বিশেষ ধরনের ব্লটিং কাগজ, যাহাকে ফিল্টার কাগজ বলে তাহা, প্রায়শঃই সচ্ছিদ্র পদার্থ হিসাবে রসায়নাগারে ব্যবহৃত হয়। গোলাকার ফিল্টার কাগজখানাকে চিত্রে প্রদর্শিত মতে প্রথমে দুই সমান ভাগে ভাঁজ করিয়া পুনরায় দুই সমান ভাগে ভাঁজ করা হয়। অতঃপর তিন ভাঁজ একদিকে এবং এক ভাঁজ অন্যদিকে লইয়া শঙ্কুর (cone) আকারে ভাঁজ খুলিয়া শঙ্কুটিকে একটি ফানেলের মধ্যে বসাইয়া দেওয়া হয়। এখন দুই-এক ফোঁটা জলের সাহায্যে উহাকে ফানেলের গায়ে ভালভাবে লাগাইয়া দেওয়া হয়। ফানেলটি একটি আংটার (ring) মাধ্যমে একটি দণ্ডের (stand) সহিত আটকানো হয়। ফানেলের নীচে একটি পরিষ্কার বীকার (গ্রাহক পাত্র) রাখা হয়। আংটাটি দণ্ডের (stand) এরূপ জায়গায় আটকানো হয় যাহাতে ফানেলের সরু দণ্ডটি (stem) ফানেলের নিম্নস্থ বীকারেব গায়ে লাগিয়া থাকে। অদ্রবণীয় পদার্থ এবং জলের মিশ্রণ একটি কাচদণ্ডের গা বাহিয়া অল্প অল্প করিয়া ফানেলের যে দিকে তিন ভাঁজ


পরিস্রাবণ

কাগজ আছে সেই দিকের কাগজের উপর সতর্কতার সহিত ঢালা হয়। কাগজ অতিক্রম করিয়া তরল নিম্নের গ্রাহকপাত্রে সঞ্চিত হয়। অদ্রাব্য কঠিন পদার্থ ঐ সূক্ষ্ম ছিদ্রপথে ফিল্টার কাগজ অতিক্রম করিতে পারে না বলিয়া কাগজের উপর পড়িয়া থাকে এবং ইহাকে বলা হয় **অবশেষ** (residue)। আর গ্রাহক পাত্রে যে-স্বচ্ছ তরল জমা হয় তাহাকে **পরিস্রুৎ** (filtrate) বলে। অতএব, দেখা যাইতেছে যে, এই প্রণালীতে সমস্ত তরলটুকু পৃথক্ করা সম্ভব এবং আস্রাবণ প্রণালীর তুলনায় এই প্রণালী অপেক্ষাকৃত দ্রুত নিষ্পন্ন হয়। শীতল দ্রবণ অপেক্ষা উষ্ণ দ্রবণ আবার অধিক দ্রুত পরিস্রুত হয়।

কোন কোন সময় রসায়নাগারে আরও অধিকতর দ্রুত পরিস্রাবণের প্রয়োজন হয়। যে-প্রণালীতে ইহা সম্ভবপর করা হয় তাহার নাম **দ্রুত পরিস্রাবণ** (rapid filtration)। একটি পার্শ্বনলযুক্ত ফ্লাস্কের মুখ (চিত্র দেখ) একটি ছিদ্রযুক্ত রবারের ছিপিদ্বারা আঁটিয়া দেওয়া হয়। ফ্লাস্কের পার্শ্বনল রবারের নলের মাধ্যমে একটি ফিল্টার পাম্পের সহিত যোগ করিয়া দেওয়া হয়। সচ্ছিদ্র তলদেশযুক্ত পর্সেলীন নির্মিত গোলাকার একটি বিশেষ ধরনের (Buchner funnel) ফানেল রবারের ছিদ্রের ভিতর এরূপভাবে বসাইয়া দেওয়া হয় যাহাতে ফ্লাস্কটি বায়ুনিরুদ্ধ (air tight) হয়। ফানেলের তলদেশের আকৃতির এবং মাপের ফিল্টার কাগজ কাটিয়া ফানেলের তলদেশের উপর এমনভাবে বসান হয় যাহাতে সমস্ত ছিদ্রগুলি সম্পূর্ণরূপে আবৃত থাকে। তরল এবং অদ্রাব্য কঠিনের মিশ্রণটি ফানেলের উপর ঢালা হয় ও জলের কল খুলিয়া দেওয়া হয়। কল খুলিয়া দিলে ফ্লাস্কের ভিতরের বায়ু দ্রুত নিষ্কাশিত হইয়া ফ্লাস্কের ভিতর একটি আংশিক শূন্যতার সৃষ্টি করে। ফলে ফানেলের তরলের উপর যে বায়ুমণ্ডলীয় চাপ বর্তমান তাহা অধিকতর কার্যকরী হয় এবং তরল পদার্থটি দ্রুত ফিল্টার কাগজ অতিক্রম করিয়া ফ্লাস্কে সঞ্চিত হয়।



দ্রুত পরিস্রাবণ

অতএব, পরিস্রাবণ প্রক্রিয়ার সাহায্যে তরলের সহিত মিশ্রিত অদ্রাব্য পদার্থকে তরল হইতে বা কোন মিশ্রণের (যেমন বালি ও লবণ) অদ্রাব্য উপাদানকে দ্রবণীয় উপাদান হইতে পৃথক্ করা যায়। উভয় ক্ষেত্রেই অদ্রাব্য উপাদান অবশেষ হিসাবে থাকিয়া যায় এবং প্রথম ক্ষেত্রে তরলটি ও দ্বিতীয় ক্ষেত্রে মিশ্রণের দ্রবণীয় উপাদান (তরল দ্রাবকে দ্রবীভূত হইয়া) পরিস্রুত হিসাবে

জমা হয়। এখন বাষ্পায়ন (evaporation) বা পাতন (distillation) এই প্রক্রিয়া দুইটির যে-কোন একটি প্রক্রিয়ার সাহায্যে পরিস্রুৎ (filtrate) হইতে দ্রবীভূত পদার্থকে সংগ্রহ করা যাইতে পারে। কিন্তু বাষ্পায়ন প্রক্রিয়ায় দ্রাবকটিকে ফিরিয়া পাওয়া যায় না, উহার অপচয় ঘটে ; আর পাতন প্রক্রিয়ায় দ্রাবক ও দ্রবীভূত পদার্থ উভয়কেই পৃথক্ পৃথক্ সংগ্রহ করা যায়।

(ii) **বাষ্পায়ন ও স্ফুটন** (Evaporation & boiling): যে কোনও তাপমাত্রায় কোন পদার্থকে তরল অবস্থা হইতে বাষ্পীয় বা গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত করিবার পদ্ধতিকে বাষ্পীভবন (vapourisation) বলে। তরল পদার্থকে দুই উপায়ে গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত করা যাইতে পারে। যথা—বাষ্পায়ন (evaporation) এবং স্ফুটন (boiling or ebullition)।

একটি খোলা অগভীর পাত্রে খানিকটা জল রাখিয়া দাও। দেখিবে জলের পরিমাণ আস্তে আস্তে কমিতে থাকিবে এবং শেষ পর্যন্ত সমস্ত জল উবিয়া যাইবে। জলের পরিবর্তে যদি ঐ পাত্রে স্পিরিট, কোহল, ইথার ইত্যাদি রাখিয়া দাও তাহা হইলে দেখিতে পাইবে যে অপেক্ষাকৃত কম সময়ের মধ্যে ঐ পদার্থগুলি উবিয়া যাইবে। এই সকল ক্ষেত্রেই তরল পদার্থগুলি ক্রমান্বয়ে ধীরে ধীরে গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয়। যেহেতু তরল পদার্থকে এই অবস্থা পরিবর্তনের সময় কোনরূপ নাড়াচড়া করা হয় না, এই পরিবর্তন নিশ্চয়ই তরল পদার্থের উপরি-তল হইতে সংঘটিত হইয়া থাকে। ইহা ছাড়া, এই পরিবর্তন যে-কোন উষ্ণতাতেই চলিতে থাকে। অতএব, যে কোনও তাপমাত্রায় তরল পদার্থের কেবলমাত্র উহার উপরিভাগ হইতে ধীরে ধীরে গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হওয়ার পদ্ধতিকে **বাষ্পায়ন** বলে। বাষ্পায়ন ধীরে ধীরে কিংবা অপেক্ষাকৃত দ্রুত সম্পন্ন হইবে তাহা তরল পদার্থের প্রকৃতি এবং অন্যান্য কতকগুলি অবস্থা, যথা—তরল পদার্থের উষ্ণতা, বায়ুচাপ ইত্যাদির উপর নির্ভর করে। যে-তরল যত দ্রুত বাষ্পীভূত হয় সেই তরল তত বেশী উদ্বায়ী (volatile)। আর যে-তরল সহজে বাষ্পে পরিণত হয় না তাহাকে অনুদ্বায়ী (non-volatile) তরল বলে।

একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় তরল পদার্থের সমস্ত অংশ হইতে দ্রুত বাষ্পে পরিণত হওয়ার পদ্ধতিকে **স্ফুটন** (boiling) বলে। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল বাষ্প অর্থাৎ গ্যাসীয় অবস্থা প্রাপ্ত হয় ততক্ষণ পর্যন্ত এই তাপমাত্রা স্থির থাকে। কোন্ তাপমাত্রায় স্ফুটন শুরু হইবে তাহা পারিপার্শ্বিক চাপের উপর

নির্ভর করে। তরলের উপরের চাপ বৃদ্ধি পাইলে এই তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়; আবার তরলের উপরের চাপ হ্রাস পাইলে এই তাপমাত্রা হ্রাস পায়। রসায়নাগারে অনেক সময় তরলের উপরিস্থিত বায়ুচাপ কমাইয়া সাধারণ বায়ুচাপে ঐ তরলের যে স্ফুটনাঙ্ক তাহা অপেক্ষা অনেক কম তাপমাত্রায় উহাকে ফুটানো হইয়া থাকে।

বাষ্পীভবনের সাহায্যে কঠিন ও তরল মিশ্রণ হইতে তরলকে বিতাড়িত করিয়া কঠিন পদার্থ সংগ্রহ করা যায়। মনে কর, খাদ্যলবণের জলীয় দ্রবণ হইতে খাদ্যলবণ সংগ্রহ করিতে হইবে। এক্ষেত্রে দ্রবণটি একটি বেসিন বা একটি খোলা অগভীর পাত্রে (evaporating dish) লইয়া এরূপভাবে ফুটানো হয় যাহাতে দ্রবণের একটুও পাত্রের বাহিরে ছিটকাইয়া না পড়ে। জল বাষ্পীভূত হইয়া ক্রমান্বয়ে উবিয়া যায় এবং শেষ পর্যন্ত পাত্রে খানিকটা কঠিন (যাহাকে অবশেষ বলা হয়) পড়িয়া থাকে। অনেক সময় পাত্রটিকে সরাসরি বুনসেন দীপশিখায় উত্তপ্ত না করিয়া জলগাহে (water bath) উত্তপ্ত করা হয়। ইহার ফলে তরলটির পাত্রের বাহিরে ছিটকাইয়া পড়িবার সম্ভাবনা থাকে খুব কম। লৌহ বা তাম্র নির্মিত একটি বিশেষ ধরনের পাত্রের মুখে কতকগুলি সমকেন্দ্রিক আংটার ঢাকনা থাকে। এই পাত্রটিকে আংশিকভাবে জলপূর্ণ করিয়া বুনসেন দীপশিখায় উত্তপ্ত করা হয়। এই জলাধারকে জলগাহ (water bath) বলে। যে দ্রবণটি বাষ্পীভূত করিয়া শুষ্ক করিতে হইবে সেই দ্রবণটি উপযুক্ত পাত্রে (পূর্ববর্ণিত) করিয়া জলগাহে বসাইয়া দেওয়া হয়।



জলগাহ

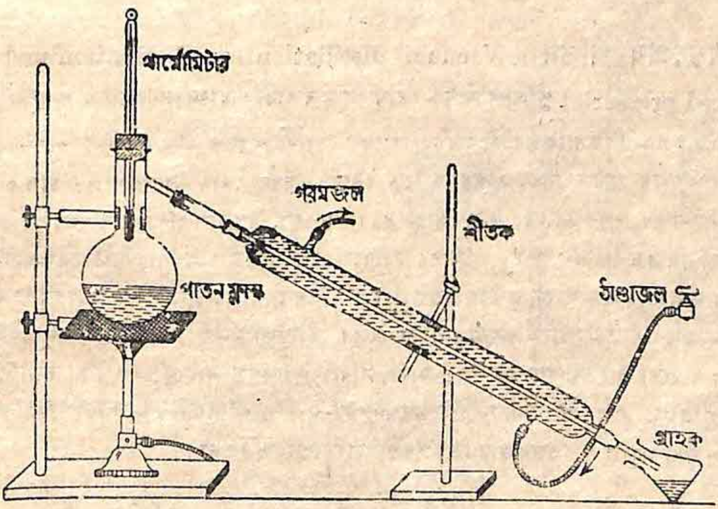
কোন পদার্থকে গ্যাসীয় অবস্থা হইতে তরল অবস্থায় রূপান্তরিত করিবার পদ্ধতিকে **ঘনীভবন** (condensation) বলে এবং যে তাপমাত্রায় এই ঘনীভবন সম্পন্ন হয় তাহাকে বলে **ঘনাঙ্ক**। যে-কোন বিশুদ্ধ পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক এবং ঘনাঙ্ক অভিন্ন।

(iii) **পাতন** (Distillation): তরল পদার্থকে উত্তপ্ত করিয়া বাষ্পে এবং সেই বাষ্পকে পুনরায় শীতল করিয়া তরলে পরিণত করার প্রণালীকে বলা হয় পাতন প্রণালী।

সুতরাং পাতন প্রণালী বাষ্পীভবন ও ঘনীভবন এই দুই প্রক্রিয়ার সমন্বয়; অর্থাৎ, পাতন = বাষ্পীভবন + ঘনীভবন।

যন্ত্র ও পদ্ধতি :—একটি পাতন কূপীর (distilling flask) পার্শ্বনল লাইবিগ হিমকারের ভিতরের নলের সহিত জুড়িয়া দেওয়া হয়। এই হিমকার বা শীতকের দুইটি নল থাকে। ভিতরের নল একটি মোটা কাচনল দ্বারা ঘেরা থাকে এবং ভিতরের নলটি পাতন-কূপীর অভ্যন্তরের সহিত সংযোগ রক্ষা করে। মোটা কাচনলের প্রায় দুই প্রান্তের কাছাকাছি সরু মুখ কাচনল লাগান থাকে। ইহাদিগকে হিমকারের পার্শ্বনল বলা হয়। নিম্নের পার্শ্বনল একটি রবারের নল দ্বারা জলের কলের সহিত যোগ করিয়া দেওয়া হয়। অন্য পার্শ্বনলটির সহিত রবারের একটি বড় নল যুক্ত থাকে। জলের কল হইতে শীতল জলের ধারা নিম্নের পার্শ্বনল দ্বারা হিমকারের বাহিরের নলটিতে প্রবেশ করে এবং ভিতরের নলটিকে শীতল করিয়া সেই জলধারা উপরের পার্শ্বনল দিয়া বাহির হইয়া যায়।

পাতন কূপীতে খানিকটা ঘোলা জল লও এবং উহার সহিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট মিশ্রিত কর। পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট জলে দ্রবীভূত হইয়া যাইবে এবং জলের রং লাল হইবে। পাতন কূপীটির মুখ কর্ক দ্বারা বন্ধ কর এবং এই কর্কের ভিতর দিয়া একটি থার্মোমিটার প্রবেশ করাও যাহাতে



লাইবিগ পাতন-যন্ত্র

থার্মোমিটার কুণ্ডটি পাতন কূপীর পার্শ্বনলের নিকটে থাকে। এখন লাইবিগ হিমকার বা শীতক একটু কাত করিয়া পাতন কূপীর পার্শ্বনলের সহিত জুড়িয়া

দাও। হিমকারের অপর প্রান্ত একটি পরিষ্কার কাচের কূপীর সহিত যুক্ত কর। পাতন কূপীটিকে বন্ধনীর সাহায্যে তারজালির উপর বসাইয়া বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত কর। জল বাষ্পে পরিণত হইয়া শীতকের ভিতরের সরু নলের ভিতর প্রবেশ করিবে এবং হিমকারের শীতল জলের প্রভাবে পুনরায় তরলে পরিণত হইয়া বর্ণহীন জলরূপে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হইবে। কিন্তু অন্যান্য পদার্থ, যথা—মাটি, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট প্রভৃতি অনুদ্বায়ী বলিয়া পাতন কূপীতে পড়িয়া থাকিবে। একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় (এক্ষেত্রে জলের স্ফুটনাঙ্কের কাছাকাছি উষ্ণতায়) এই পাতন-ক্রিয়া সম্পন্ন হয়। গ্রাহক পাত্রে যে জল সঞ্চিত হয় তাহাকে বলা হয় পাতিত (distilled) জল এবং পাতন কূপীতে যাহা পড়িয়া থাকে, তাহাকে বলা হয় অবশেষ (residue)।

পাতনের কার্যকারিতা ঃ এই প্রক্রিয়ার দ্বারা ভাসমান ও দ্রবীভূত অনুদ্বায়ী কঠিন পদার্থকে তরল হইতে পৃথক্ করা যায়, কিন্তু উদ্বায়ী কঠিন পদার্থ এবং দ্রবীভূত গ্যাসীয় পদার্থকে তরল পদার্থ হইতে পৃথক্ করা যায় না।

পাতন প্রণালীর সাহায্যে পরীক্ষাকালীন বায়ুচাপে কোন তরলের স্ফুটনাঙ্ক কত তাহা জানা যায়।

অনুপ্রেষ পাতন (Vacuum distillation or distillation under reduced pressure) ঃ এমন অনেক পদার্থ আছে যাহারা সাধারণ বায়ুচাপে স্ব স্ব স্ফুটনাঙ্কে (boiling point) বিযোজিত হইয়া যায়। কাজেই ইহাদের পাতিত করিতে হইলে অপেক্ষাকৃত কম তাপমাত্রায় পাতন ক্রিয়া সম্পন্ন করিতে হইবে। যখন কোন তরলের বাষ্পের চাপ বায়ুর চাপের সমান হয়, তখন তরলের স্ফুটন আরম্ভ হয়। সুতরাং, বায়ুচাপ যদি কমান সম্ভব হয় তাহা হইলে স্ফুটনও কম উষ্ণতায় সম্ভব। পাম্পের সাহায্যে বদ্ধ পাতন যন্ত্রের বায়ু বাহির করিয়া দিয়া বায়ুচাপ কমান হয় এবং পাতন কূপীকে উত্তপ্ত করিয়া পাতন ক্রিয়া যথারীতি সম্পন্ন করা হয়। এই রকম কম চাপে পাতন করাকে অনুপ্রেষ পাতন বলে। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লঘু দ্রবণকে অনুপ্রেষ পাতনের সাহায্যে গাঢ় করা হয়; কারণ, সাধারণ বায়ুচাপে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের স্ফুটনাঙ্ক 151°C এবং এই উষ্ণতায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অক্সিজেন ও জলে বিযোজিত হয়। নিম্নচাপে উহা অনেক কম উষ্ণতায় পাতিত হয় বলিয়া বিযোজিত হয় না।

আংশিক পাতন (Fractional distillation) ঃ যদি বিভিন্ন স্ফুটনাঙ্কের দুই বা ততোধিক তরল পদার্থ মিশ্রিত থাকে, তাহা হইলে তাহাদেরও পাতন ক্রিয়া দ্বারা পৃথক্ করা যায়।

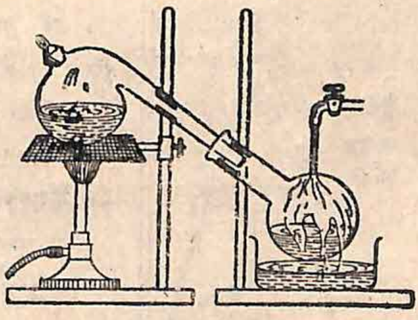
মিশ্র পদার্থ যথারীতি একটি পাতন কূপীতে লইয়া উত্তপ্ত করিলে নিম্নতর স্ফুটনাঙ্কের তরল

(উহার স্ফুটনাঙ্কে) প্রথমে পাতিত হইয়া গ্রাহকে (receiver) জমিতে থাকিবে। তরল-পদার্থগুলির স্ফুটনাঙ্কের মধ্যে খুব বেশী পার্থক্য না থাকিলে, পাতিত তরলে নিম্নতর স্ফুটনাঙ্কের তরলের সহিত উচ্চতর স্ফুটনাঙ্কের তরলও খানিকটা সংগৃহীত হইবে। পাতন কূপীতে অবশেষ (residue) যাহা থাকে তাহার মধ্যে উচ্চতর স্ফুটনাঙ্কের তরলের পরিমাণ বেশী থাকে। নিম্নতর স্ফুটনাঙ্কের তরল যখন প্রায় সমস্তটা পাতিত হইয়া যাইবে তখন থার্মোমিটারে দেখা যাইবে যে উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইতেছে। একটি বিশেষ উষ্ণতায় (যাহা অপর তরলের স্ফুটনাঙ্ক) গ্রাহক পাত্রটি পাল্টাইয়া অন্য একটি গ্রাহক পাত্র হিমকারের সহিত জুড়িয়া দিলে উচ্চতর স্ফুটনাঙ্কের তরলটি প্রায় বিশুদ্ধ অবস্থায় সংগৃহীত হইবে।

গ্রাহকে সংগৃহীত তরল দুইটি পুনরায় কয়েকবার পাতিত করিলে একটি তরল সম্পূর্ণরূপে অপরটি হইতে পৃথক্ হইয়া যাইবে।

তরল পদার্থের স্ফুটনাঙ্কের পার্থক্যের সুযোগ গ্রহণ করিয়া পুনঃ পুনঃ পাতন দ্বারা একাধিক তরলের মিশ্রণ হইতে তরল পদার্থগুলির পৃথকীকরণকে আংশিক পাতন বলে। এই পৃথকীকরণ আরও ভাল হয় যদি পাতনকূপীর মুখে একটি আংশিক পাতন নল (fractionating column) লাগান হয় এবং উহার (অর্থাৎ, আংশিক পাতন নলের) পার্শ্বতলের সহিত গ্রাহকযুক্ত লাইবিগ হিমকার যুক্ত করা হয়।

বকযন্ত্রে পাতন : পূর্বেই দেখান হইয়াছে যে পাতন ক্রিয়ার দ্বারা কর্দমাক্ত জল হইতে বিশুদ্ধ জল প্রস্তুত করা যায়। কিন্তু লাইবিগ হিমকার বা পাতনকূপী না থাকিলে কিভাবে এই পাতন ক্রিয়া সম্ভব হইবে ?—সেক্ষেত্রে কাচের ছিপিযুক্ত বকযন্ত্রে এই পাতনক্রিয়া সম্পন্ন করা হয়।


বকযন্ত্রে পাতন

প্রদত্ত কর্দমাক্ত জল বকযন্ত্রটির ভিতরে লও। বক-যন্ত্রটিকে ধারকের সাহায্যে তারজালির উপর বসাও এবং উহার সরু-মুখ একটি কাচের ফ্লাস্কের ভিতর ঢুকাও। এই ফ্লাস্কটি জলের উপর বসাইয়া শীতল জলের প্রবাহ দ্বারা ঠাণ্ডা কর অথবা, ভিজা ব্লটিং কাগজ বা ন্যাকড়া দ্বারা ফ্লাস্কটি শীতল কর। এখন বুনসেন দীপে বকযন্ত্রটি উত্তপ্ত কর। তাপ প্রয়োগে জল বাষ্পে পরিণত হইয়া শীতল ফ্লাস্কে আসে এবং তথায় শীতল হইয়া পুনরায় তরলে (জলে) পরিণত হয়। গ্রাহকে অর্থাৎ শীতল ফ্লাস্কে যে জল সঞ্চিত হয় উহাকে পাতিত জল বলে এবং উহা বিশুদ্ধ জল। জলে দ্রবীভূত এবং অদ্রবীভূত অনুদ্বায়ী পদার্থসমূহ বকযন্ত্রে অবশেষরূপে পড়িয়া থাকে।

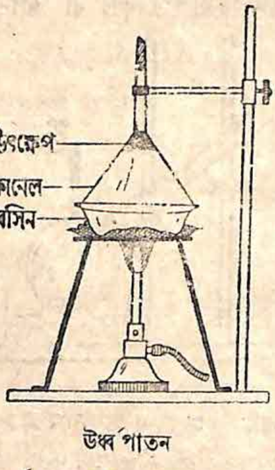
মনে রাখিও, অধিক পরিমাণ তরল পাতিত করিলে বকযন্ত্র ব্যবহার করা বিশেষ সুবিধাজনক নহে। কারণ, অল্প সময়ের মধ্যেই বকযন্ত্রের গলা (stem) উত্তপ্ত হইয়া পড়ে। ফলে তরল হইতে

উত্থিত বাষ্প যথোপযুক্ত শীতল হইতে পারে না। তাই এক্ষেত্রে লাইবিগ হিমকার ব্যবহার করাই বিধেয়।

(iv) **অন্তর্ধূম পাতন** (Destructive or Dry distillation) : এই প্রক্রিয়ায় বায়ুরুদ্ধ পাত্রে কোন পদার্থকে বায়ুর অবর্তমানে অতি উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করা হয়, যাহার ফলে পদার্থটি উদ্বায়ী এবং অনুদ্বায়ী দুই রকম উপাদানে বিযোজিত হয় এবং উদ্বায়ী অংশকে ঠাণ্ডা করিয়া অন্য পাত্রে সংগৃহীত করা হয়।

কাঁচা কয়লা হইতে এই প্রক্রিয়ার সাহায্যে আমরা কোল গ্যাস, আলকাতরা, অ্যামোনিয়া প্রভৃতি উদ্বায়ী পদার্থ এবং পাতনপাত্রে অনুদ্বায়ী পদার্থ হিসাবে কোক, অঙ্গার ও গ্যাস কার্বন পাই।

(v) **উর্ধ্বপাতন** (Sublimation) : তাপপ্রয়োগে কঠিন পদার্থ প্রথমে তরল এবং শেষ পর্যন্ত গ্যাসীয় অবস্থা প্রাপ্ত হয়। কিন্তু এমন অনেক কঠিন উদ্বায়ী (volatile) পদার্থ আছে যাহারা তাপপ্রয়োগে তরলে পরিণত না হইয়া কঠিন হইতেই সরাসরি গ্যাসীয় অবস্থা প্রাপ্ত হয়। কর্পূর, আয়োডিন, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড প্রভৃতি এই শ্রেণীর পদার্থের প্রকৃষ্ট উদাহরণ। শৈত্যের প্রভাবে এই সকল পদার্থ আবার গ্যাসীয় অর্থাৎ বাষ্পীয় অবস্থা হইতে সরাসরি কঠিন অবস্থা (ঘনীভূত হইয়া) প্রাপ্ত হয়। এই ঘনীভূত কঠিন পদার্থ এবং আদি (original) পদার্থের রাসায়নিক সংযুতি অভিন্ন। ঘনীভূত কঠিনকে বলা হয় **উৎক্ষেপ** (sublimate) এবং পদ্ধতিকে বলা হয় **উর্ধ্বপাতন** (sublimation)। সুতরাং, যে-পদ্ধতিতে কোন উদ্বায়ী কঠিনকে তাপ-প্রয়োগ করিয়া সরাসরি বাষ্পে পরিণত করা হয় এবং ঐ বাষ্পকে শীতল করিয়া পুনরায় পূর্বেকার কঠিনে পরিণত করা হয় তাহাকে **উর্ধ্বপাতন** (sublimation) বলে।



উর্ধ্বপাতন

একটি পরীক্ষানলে খানিকটা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড লইয়া উত্তপ্ত করিলে দেখা যায় যে উহা পরীক্ষানলটির তলদেশ হইতে অদৃশ্য হইয়া যায় এবং পরীক্ষানলটির উপরিভাগে অপেক্ষাকৃত শীতল স্থানে সাদা কঠিন হিসাবে পুনরায় জমা হয়। অতএব, দেখা যাইতেছে যে তাপপ্রয়োগে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড তরলে পরিণত না হইয়া সরাসরি বাষ্পে পরিণত

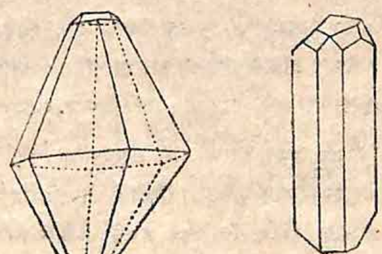
হয় এবং শৈত্যের প্রভাবে ঐ বাষ্প পুনরায় পূর্বের কঠিনে (অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড) পরিণত হয়। এই কারণে এক্ষেত্রে বলা হয় যে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া উৎক্ষেপ হিসাবে পরীক্ষানলের শীতলতর স্থানে সঞ্চিত হইয়াছে।

এই পদ্ধতির সাহায্যে উদ্বায়ী কঠিনকে অনুদ্বায়ী কঠিন হইতে পৃথক্ করা যায় এবং কখনও কখনও কোন কোন পদার্থের বিশুদ্ধিকরণে এই পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়।

মনে কর, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও বালির মিশ্রণ পৃথক্ করিতে হইবে। পর্সেলীনের বেসিনে মিশ্রণটি লইয়া উহার উপর একটি ফানেল উপুড় করিয়া বসান হয় যাহাতে মিশ্রণটি সম্পূর্ণরূপে ঢাকা থাকে; ফানেলের নলটি কাগজের মোড়ক বা তুলার সাহায্যে বন্ধ করিয়া দেওয়া হয় এবং ফানেলটি যথাসম্ভব ঠাণ্ডা রাখিবার জন্ম উহার বাহিরের গায়ে ভিজা ব্লটিং কাগজ মুড়িয়া দেওয়া হয়। অতঃপর পূর্ব পৃষ্ঠার চিত্রে যেমন দেখান হইয়াছে সেইরূপ ব্যবস্থায় বেসিনটিকে ত্রিপাদের উপরিস্থিত তারজালিতে বসাইয়া বুনসেন দীপশিখায় উত্তপ্ত করা হয়। উদ্বায়ী অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড প্রথমে বাষ্পীভূত হয় এবং ফানেলের শীতল গাত্রের সংস্পর্শে আসিয়া ঘনীভূত হইয়া পুনরায় পূর্বের কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয় এবং ফানেলের ভিতর দিকে অপেক্ষাকৃত শীতল স্থানে সঞ্চিত হয়। এইভাবে সমস্ত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া মিশ্রণ হইতে পৃথক্ হইবার পর, বুনসেন দীপটি সরাইয়া লওয়া হয় এবং ফানেল হইতে চাঁচিয়া উৎক্ষেপটি সংগ্রহ করা হয়। কঠিন অনুদ্বায়ী বালি বেসিনে পড়িয়া থাকে।

(vi) **কেলাস ও কেলাসন** (Crystals and Crystallisation):

সমতল পৃষ্ঠদেশ দ্বারা সীমাবদ্ধ নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকৃতিবিশিষ্ট সমসত্ত্ব কঠিনকে **কেলাস** বা **স্ফটিক** বলে এবং যে-প্রণালীতে কেলাস প্রস্তুত করা হয় তাহাকে বলে **কেলাসন** বা **স্ফটিকীকরণ**। দ্রবণ বা গ্যাসীয় বা তরল অবস্থা হইতে সৃষ্ট হইবার সময় কেলাস স্বতঃই এই সুনির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকৃতি প্রাপ্ত হয়। বিভিন্ন পদার্থের স্ফটিকের আকৃতি বিভিন্ন হইতে পারে।



রম্বিক ও মনোক্লিনিক সালফারের (বিভিন্ন আকৃতির) কেলাস

23 নং পৃষ্ঠায় প্রদত্ত চিত্র দেখিলেই এই উক্তির যথার্থতা বুঝিতে পারিবে। আবার কোন নির্দিষ্ট পদার্থের স্ফটিকের আয়তন বিভিন্ন হইতে পারে। কিন্তু উহার আকৃতি সর্বদাই এক হইয়া থাকে। কোণ স্ফটিককে হঠাৎ কোন আঘাতে ভাঙ্গিয়া ফেলিলে, সৃষ্ট টুকরাগুলিও মূল স্ফটিকটির সদৃশ হয়। বিভিন্ন স্ফটিক আবার বিভিন্ন রংবিশিষ্টও হইতে পারে। যেমন—ফেরাস সালফেটের রঙ সবুজ কিন্তু কপার সালফেটের রঙ নীল। সমস্ত কঠিন পদার্থই কিন্তু স্ফটিকাকৃতিতে থাকে না। এমন অনেক কঠিন পদার্থ আছে যাহাদের কোন নির্দিষ্ট স্ফটিকাকৃতি নাই; এই পদার্থগুলিকে **অনিয়তাকার** পদার্থ (amorphous substance) বলে। চুন, কাচ, ময়দা, পিচ্ প্রভৃতি এই শ্রেণীর পদার্থের প্রকৃষ্ট উদাহরণ। অতএব কঠিন পদার্থসমূহকে কেলাসিত ও অনিয়তাকার এই দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করা যাইতে পারে।

স্ফটিকীকরণ বা কেলাসন বলিতে কি বুঝায় তাহা উপরি উক্ত আলোচনা হইতে নিশ্চয়ই বুঝিতে পারিয়াছ। কিন্তু সকল পদার্থের স্ফটিক বা কেলাস একই পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায় না। স্ফটিকীকরণ পদ্ধতি বস্তুভেদে বিভিন্ন। নিম্নলিখিত উপায়ে স্ফটিক বা কেলাস প্রস্তুত করা হয়:—

(a) যে পদার্থ কোন দ্রাবকে দ্রাব্য, ঐ বিশেষ দ্রাবকে সেই নির্দিষ্ট পদার্থ দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণ তৈয়ারী করা হয়। অতঃপর বাষ্পীভবনের সাহায্যে দ্রবণকে প্রথমে গাঢ় করা হয় এবং পরে এই গাঢ় দ্রবণকে শীতল করিয়া কেলাস বা স্ফটিক প্রস্তুত করা হয়।

আবার, উচ্চতর উষ্ণতায় কোন বিশেষ দ্রাবকে পদার্থের অতি গাঢ় দ্রবণ (সম্পৃক্ত *) প্রস্তুত করিয়া ঐ দ্রবণকে শীতল করিয়াও স্ফটিক বা কেলাস প্রস্তুত করা হয়। এই নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন দ্রাবকে যে পরিমাণ পদার্থ দ্রবীভূত হয় তাহার পরিমাণও নির্দিষ্ট। সাধারণতঃ উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইলে এই পরিমাণ বৃদ্ধি পায় এবং উষ্ণতা হ্রাস পাইলে এই পরিমাণ হ্রাস পায়। সুতরাং কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে উচ্চ উষ্ণতায় যে-পরিমাণ পদার্থ দ্রবীভূত থাকে, নিম্ন উষ্ণতায় সেই পরিমাণ পদার্থ দ্রবণে থাকিতে পারে না; অতিরিক্ত দ্রাব কেলাসরূপে পৃথক্ হইয়া পড়ে।

লঘু দ্রবণ হইতে বাষ্পীভবনের সাহায্যে কি প্রকারে স্ফটিক প্রস্তুত করা হয় তাহা নিম্নলিখিত উদাহরণ হইতে বুঝিতে পারিবে। পটাসিয়াম নাইট্রেটের লঘু জলীয় দ্রবণ হইতে স্ফটিক প্রস্তুত করিতে হইলে; ঐ দ্রবণ একটি বেসিনে লইয়া জলগাহে উত্তপ্ত করা হয় এবং কাচদণ্ডের সাহায্যে উহাকে মাঝে মাঝে নাড়িয়া দেওয়া হয়। জল বাষ্পীভূত হইয়া উবিয়া যায় এবং দ্রবণ ক্রমশঃ ঘন হইতে থাকে। এই ভাবে গাঢ় বা ঘন হইতে হইতে যখন বেসিন বা কাচদণ্ডের গায়ে দানা

* অসম্পৃক্ত, সম্পৃক্ত, অতিপৃক্ত প্রভৃতি দ্রবণ সম্পর্কে পরে আলোচনা করা হইবে।

(grains) জমা হয় তখন কাচদণ্ডের সাহায্যে ঐ দানা দ্রবণের ভিতর এরূপভাবে নাড়িয়া দেওয়া হয় যাহাতে উহা দ্রবণে দ্রবীভূত হয়। অতঃপর বেসিনটিকে জলগাহ হইতে নামাইয়া স্থিরভাবে রাখিয়া দেওয়া হয়। দ্রবণটি শীতল হইতে থাকে এবং দ্রবণ হইতে স্ফটিক পৃথক্ হইতে থাকে। দ্রবণটি শীতল হইলে উহাকে পরিস্রুত করিয়া অবশেষকে অর্থাৎ স্ফটিকগুলিকে অল্প পরিমাণ পাতিত জল দ্বারা ধৌত করিয়া দ্রবণ হইতে সম্পূর্ণরূপে মুক্ত করা হয় এবং ফিল্টার কাগজের ভাঁজে শুষ্ক করিয়া সংগ্রহ করা হয়।

উষ্ণ, অতিগাঢ় (সম্পৃক্ত*) দ্রবণ শীতল করিয়া যে স্ফটিক প্রস্তুত করা হয় তাহা নিম্নে প্রদত্ত কপার সালফেট স্ফটিক প্রস্তুতকরণের দৃষ্টান্ত হইতে বুঝিতে পারিবে।

একটি বীকারে খানিকটা জল লইয়া উহাতে অল্প অল্প করিয়া কপার সালফেট চূর্ণ যোগ করা হয় এবং কাচদণ্ডের সাহায্যে নাড়িয়া দ্রবীভূত করা হয়। এইভাবে কপার সালফেট ক্রমান্বয়ে যোগ করা হইতে থাকে যতক্ষণ না খানিকটা কপার সালফেট বীকারের তলদেশে জমা হয়। বীকারটিকে এখন একটি তারজালির উপর বসাইয়া উত্তপ্ত করা হয়, ফলে বীকারের তলদেশে যে অতিরিক্ত কপার সালফেট সঞ্চিত হইয়াছিল তাহা দ্রবীভূত হইয়া যায়। ঠিক পূর্বের পন্থায়, এই দ্রবণের ভিতর পুনরায় কপার সালফেট চূর্ণ যোগ করা হইতে থাকে যে পর্যন্ত না এই উষ্ণ দ্রবণে খানিকটা কপার সালফেট অদ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। অতঃপর এই উষ্ণ দ্রবণকে যথাশীঘ্র পরিস্রুত করিয়া অতিরিক্ত কপার সালফেট এবং অপদ্রব্য (অশুদ্ধি) হইতে পৃথক্ করা হয়। পরিস্রুৎকে অপর একটি বীকারে সংগ্রহ করিয়া স্থিরভাবে রাখিয়া দেওয়া হয়। পরিষ্কার পরিস্রুৎটি ধীরে ধীরে শীতল হয় এবং কপার সালফেটের নীল কেলাস ক্রমে ক্রমে বীকারের তলদেশে জমা হয়। পরিস্রুৎটি শীতল হইলে উহাকে পুনরায় পরিস্রুত করিয়া স্ফটিকগুলিকে অল্প পরিমাণ পাতিত জল দ্বারা ধৌত করিয়া দ্রবণ হইতে সম্পূর্ণরূপে মুক্ত করা হয় এবং ফিল্টার কাগজের ভাঁজে শুষ্ক করিয়া লওয়া হয়। অনেক সময় কেলাসন ত্বরান্বিত করিবার জন্য যে-পদার্থের কেলাস তৈয়ারী করা হয় তাহার ছোট ছোট দানা দ্রবণে যোগ করা হয়।

আবার এমন অনেক পদার্থ আছে যাহারা জলে অদ্রাব্য ; তাহাদের ক্ষেত্রে অ্যালকোহল, অ্যাসিটোন প্রভৃতি জৈব দ্রাবক (organic solvents) যাহাতে পদার্থ টি দ্রবণীয় সেই দ্রাবক ব্যবহার করিতে হয়। যে-সকল পদার্থ কার্বন ডাই-সালফাইডের ন্যায় উদ্বায়ী দ্রাবকে দ্রবণীয় তাহাদিগকে যথোপযুক্ত উদ্বায়ী দ্রাবকে দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন দ্রবণকে ঘরের উষ্ণতায় বাষ্পীভূত করিয়া (অর্থাৎ বাষ্পায়নের সাহায্যে) তাহাদের স্ফটিক তৈরী করা যায়। সালফারকে কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন দ্রবণকে ঘরের উষ্ণতায় রাখিয়া দিলে কার্বন ডাই-সালফাইড স্বতঃই বাষ্পীভূত হয় এবং রম্বিক সালফারের ফিকে হলুদ বর্ণের স্ফটিক দ্রবণ হইতে পৃথক্ হইয়া পড়ে।

(d) গলিত পদার্থের ঘনীভবন দ্বারা (solidifying fused substances) :

কোন কোন কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে উহাকে তাপ প্রয়োগে গলাইয়া সেই গলিত পদার্থকে শীতল করিয়া ঐ পদার্থের স্ফটিক তৈরী করা হয়। মনোক্লিনিক সালফারের স্ফটিক প্রস্তুতকরণ এই

কেলাসন প্রক্রিয়ার প্রকৃষ্ট উদাহরণ। একটি বেসিনে খানিকটা সালফার লইয়া উহাকে তাপ প্রয়োগে গলান হয়। অতঃপর বেসিনটিকে শীতল করা হয় ; ফলে তরল সালফারের উপর একটি সর পড়ে। একটি সূচক কাচদণ্ডের দ্বারা সরটির দুইটি স্থানে একটি করিয়া ছিদ্র করা হয় এবং যতটা সালফার তখনও তরল অবস্থায় থাকে তাহা অপর একটি পাত্রে অপসারিত করা হয়। বেসিনের গায়ে সূচের আকৃতিবিশিষ্ট সালফারের স্ফটিক জমিয়া থাকে। রম্বিক এবং মনোক্লিনিক সালফারের স্ফটিকের ছবি পূর্বেই (23 পৃষ্ঠা) দেওয়া যাইয়াছে।

(c) উর্ধ্বপাতন প্রণালী দ্বারা (sublimation) :

কোন কোন পদার্থের স্ফটিক আবার উর্ধ্বপাতন প্রণালীতেও প্রস্তুত করা হইয়া থাকে। আয়োডিন, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড প্রভৃতি উদ্বায়ী পদার্থের স্ফটিক এইভাবে তৈরী করা যায়। একটি বেসিনে খানিকটা আয়োডিন লইয়া উহাকে যথারীতি উর্ধ্বপাতিত (উর্ধ্বপাতন প্রণালী পূর্বেই বর্ণনা করা হইয়াছে) করিলে ফানেলের শীতল গায়ে কালো ধূসর বর্ণের আয়োডিনের উজ্জ্বল স্ফটিক হয়।

কেলাসনের কার্যকারিতা ঃ কেলাসনের সাহায্যে কঠিন পদার্থ শোধন করা যায়। (*i*) সর্বনিম্ন যে-পরিমাণ ফুটন্ত জল না লইলে নয় সেই পরিমাণ ফুটন্ত জলে খাদ্যলবণ এবং পটাসিয়াম ক্লোরেটের মিশ্রণ (সমপরিমাণে মিশ্রিত) দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন দ্রবণকে শীতল করিলে অপেক্ষাকৃত কম দ্রবণীয় পটাসিয়াম ক্লোরেটের কেলাস প্রথমে পৃথক্ হইয়া পড়ে। অতঃপর পরিস্রুৎকে গাঢ় এবং শীতল করিলে অপেক্ষাকৃত অধিক দ্রবণীয় খাদ্যলবণের কেলাস পৃথক্ হইয়া যায়। এই প্রণালীকে আংশিক কেলাসন (fractional crystallisation) বলা হয়। অতএব, যে-পদ্ধতির সাহায্যে বিভিন্ন দ্রাব্যতাবিশিষ্ট বিভিন্ন কঠিন পদার্থকে উহাদের দ্রবণের মিশ্রণ হইতে পৃথক্ করিয়া অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যাইতে পারে তাহাকে **আংশিক কেলাসন** (fractional crystallisation) বলে। পদার্থগুলির দ্রাব্যতার পার্থক্য যত বেশী হয় পৃথকীকরণ তত ভাল ও সম্পূর্ণ হয়। এইভাবে মিশ্র পদার্থ হইতে প্রয়োজনীয় পদার্থ বিশুদ্ধতর অবস্থায় পাওয়া যাইতে পারে।

(*ii*) কেলাসিত পদার্থ প্রয়োজনানুরূপ বিশুদ্ধ না হইলে অর্থাৎ কেলাসিত পদার্থের সহিত যদি কিছু অশুদ্ধি থাকে তাহা হইলে উহাকে **পুনঃ কেলাসন** (re-crystallisation) পদ্ধতিতে শোধন করা হয়। ন্যূনতম পরিমাণ দ্রাবকে উচ্চ তাপমাত্রায় এই মিশ্র কেলাসিত পদার্থের দ্রবণ প্রস্তুত করিয়া উহাকে যথাশীঘ্র পরিস্রুত করা হয় এবং উৎপন্ন গাঢ়, পরিষ্কার পরিস্রুৎকে (filtrate)

স্থিরভাবে রাখিয়া শীতল হইতে দিলে দ্রাব পদার্থটির বিশুদ্ধ কেলাস পাওয়া যায়।

কোন দ্রবণ হইতে কেলাস পৃথক্ হইবার পর যে সম্পৃক্ত দ্রবণ অর্থাৎ পরিস্রুৎ অবশেষ হিসাবে থাকে তাহাকে বলা হয় **শেষ-দ্রব** (mother liquor)।

কেলাসের আয়তন ঃ উত্তপ্ত দ্রবণকে খুব তাড়াতাড়ি শীতল করিলে যে কেলাসগুলি উৎপন্ন হয় আয়তনে উহারা খুব ছোট হইয়া থাকে। বড় কেলাস তৈয়ারী করিতে হইলে উত্তপ্ত দ্রবণকে ধীরে ধীরে কিন্তু সমভাবে (uniformly) শীতল করিতে হয়। দ্রাবের ছোট ছোট দানা দ্রবণের ভিতর ঝুলাইয়া রাখিয়া দ্রবণটিকে ধীরে ধীরে শীতল করিলে দ্রবণ হইতে দ্রবীভূত পদার্থ ঝুলন্ত দানার গায়ে জমিতে থাকে এবং দানাটি বা কেলাসটি ক্রমশঃ বড় হয়। এইভাবে চিনির অতি ঘন দ্রবণ হইতে জমাট-বাঁধা বড় বড় কেলাস অর্থাৎ মিছরি তৈয়ারী করা হয়। ফটকিরির ছোট কেলাস হইতে এই উপায়ে ফটকিরির বড় কেলাস প্রস্তুত করা হয়। উপযুক্ত পরিমাণ জলে খানিকটা ফটকিরি চূর্ণ দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন দ্রবণকে পরিস্রুত করা হয়। অতঃপর স্বচ্ছ পরিস্রুৎকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয় এবং উহাকে একটি কাচদণ্ডের সাহায্যে নাড়া হয়। কাচদণ্ডটি মাঝে মাঝে দ্রবণের বাহিরে আনিয়া পরীক্ষা করা হয়—কাচদণ্ডের মাথায় অবস্থিত তরলে কঠিন কেলাস সঞ্চিত হইতে আরম্ভ করিলে উত্তাপ দেওয়া বন্ধ করা হয়। এইবার এই ঘন দ্রবণের ভিতর ফটকিরির একটি ছোট কেলাস সুতা বাঁধিয়া ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। দ্রবণটি ধীরে ধীরে বাষ্পীভূত হইয়া শীতল হইতে থাকে এবং দ্রবণ হইতে কঠিন পদার্থ ঝুলন্ত ফটকিরির গায়ে জমিতে থাকে, যাহার ফলে ফটকিরির কেলাসটি ক্রমশঃ আয়তনে বৃদ্ধি পায়।

মিশ্রণ পৃথকীকরণ

পূর্ববর্ণিত প্রক্রিয়াসমূহের সাহায্যে কি-ভাবে মিশ্রণের উপাদানগুলি পৃথক্ করা যায় নিম্নে তাহার কয়েকটি দৃষ্টান্ত দেওয়া হইল ঃ

<u>কঠিন পদার্থের মিশ্রণ</u>

A. (i) **খাদ্যলবণ এবং বালির মিশ্রণ,** (ii) **লৌহচুর্ণ এবং বালির মিশ্রণ।**

(i) খাদ্যলবণ জলে দ্রবণীয় কিন্তু বালি অদ্রাব্য। অতএব মিশ্রণটি একটি বীকারে লও এবং

উহাতে উপযুক্ত পরিমাণ জল ঢালিয়া একটি কাচদণ্ডের সাহায্যে নাড়িতে থাক। যখন সমস্ত খাদ্য-লবণ দ্রবীভূত হইয়াছে বলিয়া মনে হইবে তখন মিশ্রণটি ফিল্টার কাগজের সাহায্যে পরিস্রুত করিয়া লও। বালি অদ্রাব্য বলিয়া ফিল্টার কাগজের উপর অবশেষরূপে পড়িয়া থাকিবে। ফিল্টার কাগজে অবস্থিত বালিতে যাহাতে একটুও খাদ্যলবণের দ্রবণ না থাকে সেইজন্য উহাকে পুনঃ পুনঃ উষ্ণ জল দ্বারা ধৌত কর। এই ধৌত বালিকে গরম করিয়া শুষ্ক কর। পরিস্রুৎকে তাপপ্রয়োগে বাষ্পীভূত করিয়া কঠিন খাদ্যলবণ সংগ্রহ কর।

(ii) মিশ্রণটি একখানা পরিষ্কার কাগজে ঢাল এবং উহার উপর একটি চুম্বক ধর। লৌহচূর চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হইয়া উহার গায়ে লাগিয়া থাকিবে, কিন্তু বালি চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হইবে না। চুম্বকটি বার বার মিশ্রণটির সকল অংশের উপর ধর যে পর্যন্ত না সমস্ত লৌহচূর চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হইয়া পৃথক্ হইয়া যায়। লৌহচূর চুম্বকের গা হইতে সরাইয়া উপযুক্ত পাত্রে সংগ্রহ কর।

B. নিশাদল, লবণ ও বালির মিশ্রণ।

মিশ্রণটিকে প্রথমে উর্ধ্বপাতিত কর। নিশাদল উৎক্ষিপ্ত হইয়া পৃথক্ হইয়া যাইবে। অবশিষ্টাংশকে জল দিয়া ভাল করিয়া নাড় এবং উহাকে পরিস্রুত (filter) করিয়া লও। লবণ জলে দ্রবীভূত হইয়া যাইবে, অবশেষরূপে বালি পড়িয়া থাকিবে। পরিস্রুৎকে বাষ্পীভূত কর, জল বাষ্পে পরিণত হইবে এবং লবণ পড়িয়া থাকিবে।

C. বারুদের উপাদানগুলির পৃথকীকরণ।

বারুদ হইল চারকোল (কয়লা), পটাসিয়াম নাইট্রেট (সোরা) ও সালফারের (গন্ধক) মিশ্রণ। বারুদকে একটি বীকারে লইয়া খানিকটা কার্বন ডাই-সালফাইড ঢালিয়া একটি দণ্ড দিয়া ভাল করিয়া নাড় এবং উহাকে পরিস্রুত করিয়া লও। গন্ধক কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হইবে।

(i) পরিস্রুৎকে বাতাসে রাখিয়া দাও। গন্ধক পড়িয়া থাকিবে এবং কার্বন ডাই-সালফাইড বাষ্পীভূত হইয়া উবিয়া যাইবে।

(ii) (a) কার্বন ডাই-সালফাইড ব্যবহার করিবার পর যে-অবশেষ থাকে উহাকে জল দিয়া ভাল করিয়া নাড়। পটাসিয়াম নাইট্রেট (সোরা) জলে দ্রবীভূত হইবে। এখন ইহা পরিস্রুত কর। পরিস্রুৎকে বাষ্পীভূত করিলে সোরা পড়িয়া থাকিবে।

(b) ফিল্টার কাগজে কয়লা অবশেষরূপে পড়িয়া থাকিবে।

কঠিন এবং তরলের মিশ্রণ

(i) কাদামাটি এবং জলের মিশ্রণ, (ii) সোডিয়াম ক্লোরাইড এবং জলের মিশ্রণ।

(i) কাদামাটি জলে অদ্রাব্য। অতএব, প্রদত্ত কর্দমাক্ত জল খানিকক্ষণ স্থিরভাবে রাখ। ইহাতে মাটি পাত্রের তলদেশে থিতাইয়া পড়ে। তরলের উপরিভাগ হইতে অপেক্ষাকৃত স্বচ্ছ তরল অতি সাবধানে ফিল্টার কাগজের সাহায্যে পরিস্রুত করিয়া লও। এই পরিস্রুৎটি হইল জল।

(ii) সোডিয়াম ক্লোরাইড অনুদ্বায়ী এবং ইহা জলে দ্রবণীয়। অতএব, পাতন প্রণালীর

সাহায্যে সোডিয়াম ক্লোরাইড এবং জলের মিশ্রণ পৃথক্ করা যায়। জল সঞ্চিত হয় গ্রাহকে আর পাতন-কূপীতে অবশেষ হিসাবে সোডিয়াম ক্লোরাইড পড়িয়া থাকে।

তরল পদার্থের মিশ্রণ

(i) কোহল এবং জল, (ii) বেঞ্জিন এবং টলুইন ও (iii) ইথার এবং অ্যানিলিনের মিশ্রণ।

(i) কোহল এবং জলের মিশ্রণটি আংশিক পাতন প্রণালীর সাহায্যে পৃথক্ কর। ইহার ফলে বিশুদ্ধ জল এবং 4·46% জলযুক্ত কোহল পাওয়া যায়। এই কোহলকে প্রথমে চুনের এবং পরে ধাতব ক্যালসিয়ামের সংস্পর্শে রাখিয়া পাতিত কর। ইহার ফলে জলযুক্ত কোহল নির্জল কোহলে (absolute alcohol) পরিণত হয়।

(ii) বেঞ্জিনের স্ফুটনাঙ্ক 80°C এবং টলুইনের স্ফুটনাঙ্ক 110°C; অতএব, মিশ্রণের উপাদান দুইটি আংশিক পাতন প্রণালীর সাহায্যে পৃথক্ কর।

(iii) ইথারের স্ফুটনাঙ্ক 34·5°C এবং অ্যানিলিনের স্ফুটনাঙ্ক 188°C। সুতরাং আংশিক পাতন প্রণালীর সাহায্যে মিশ্রণের উপাদান দুইটি পৃথক্ কর।

গ্যাসীয় পদার্থের মিশ্রণ

ক্লোরিন এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের মিশ্রণ।

(i) ক্লোরিন এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের মিশ্রণকে জলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত কর। ক্লোরিন অপেক্ষা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে অধিক দ্রবণীয় বলিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত হয় কিন্তু ক্লোরিনের বেশীর ভাগই বাহির হইয়া যায়।

Questions

1. Explain and illustrate the terms 'solution', 'solute, and 'solvent'.

[দ্রবণ, দ্রাব এবং দ্রাবক কাহাকে বলে ?—উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।]

2. Define the following terms :—Sedimentation, decantation, filtration, sublimation, dry or destructive distillation, amorphous solid, crystals and crystallisation.

[নিম্নলিখিত সংজ্ঞাগুলি ব্যাখ্যা কর :—থিতান, আস্রাবণ, পরিস্রাবণ, ঊর্ধ্বপাতন, অন্তর্ধূম পাতন, অনিয়তাকার কঠিন, কেলাস ও কেলাসন।]

3. State in brief the different methods of crystallisation.

[কেলাসনের বিভিন্ন পদ্ধতির একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।]

4. Describe the process of distillation. State its utility (I. Sc. '42)

How does ordinary distillation differ from distillation under reduced pressure (or in vacuum) and fractional distillation ?

[পাতন প্রণালী ও ইহার কার্যকারিতা বর্ণনা কর। সাধারণ পাতন, অনুপ্রেষ পাতন এবং আংশিক পাতনের মধ্যে পার্থক্য বুঝাইয়া দাও।]

5. Define Mother liquor. What do you mean by fractional crystallisation ? Distinguish between fractional crystallisation and fractional distillation.

['শেষ-দ্রব'-এর সংজ্ঞা লিখ। আংশিক কেলাসন বলিতে কি বুঝ? আংশিক কেলাসন এবং আংশিক পাতনের পার্থক্য দেখাও।]

6. (a) You are supplied with a sample of muddy water, how would you proceed to detect the presence of any non-volatile solute in it ?

(b) Liebig's condenser or distilling flask not being available, devise an arrangement for obtaining pure water from it. Can this arrangement be successfully used when a larger quantity of liquid is to be distilled ?

[খানিকটা কর্দমাক্ত জল দেওয়া আছে। ঐ জলে কোন অনুদ্বায়ী পদার্থ দ্রবীভূত অবস্থায় আছে কি-না তাহা কিরূপে বুঝিবে ?

লাইবিগ হিমকার বা পাতনকুপী না থাকিলে এই জল হইতে বিশুদ্ধ জল প্রস্তুত করিবার জন্য একটি ব্যবস্থা বর্ণনা কর। অধিক পরিমাণ তরল পাতিত করিতে এই ব্যবস্থা বিশেষ সুবিধাজনক কি ?]

7. What is the utility of crystallisation ? From a small crystal of alum how will you prepare a large one ?

[কেলাসনের কার্যকারিতা কি ? ফটকিরির একটি ছোট কেলাস হইতে কি করিয়া বড় কেলাস প্রস্তুত করিবে ?]

Sample questions for informal objective type test.

(A) Alternate response type

(*i*) *True or False type* :

[Put a **T** against the correct statement and a **F** against a wrong one in the space provided for the purpose.]

(a) Evaporation is a slow process and takes place at all temperatures —

(b) All solids are crystalline in nature. —

(*ii*) *Yes or No type* [Say Yes or No] :

(a) Can a retort be used for distilling a larger quantity of liquid ? —

(b) Can a large crystal be prepared by rapid cooling of the solution ? —

(c) Can mother liquor be called a saturated solution ? —

(B) Recall type :

[To make the following sentences complete put appropriate word (or words) in the space on the right hand side marked with dash (—).]

(a) The process of transferring the supernatant liquid from top without disturbing the sediment is what is known as —. —

(b) A volatile solid may be separated from its mixture with a non-velatile one by a process referred to as —. —

(c) The dissolving medium is referred to as — and the substance that has been dissolved is termed as —. — —

(d) The — — in a sublimation process is called the sublimate. — —

(C) Pick out suitable words from *column II* to fill in the gaps in *column I.*

Column I	Column II
(i) Sodium chloride may be separated from its mixture with potassium chlorate by —.	
(ii) Ammonium chloride may be separated from its mixture with sodium chloride by —.	Fractional crystallistion fractional distillation, sublimamation, distillation, magnet.
(iii) A mixture of camphor and copper sulphate may be separated by —.	
(iv) A mixture of iron filings and sand may be separated by the help of a —.	
(v) A mixture of common salt and water may be separated by —.	
(vi) A mixture of ether and aniline may be separated by —.	

(D) Strike off the irrelevent portion from the following making a complete correct statement :

(i) A mixture of copper nitrate and nitre may be separated by *sublimation/fractional crystallisation/distillation.*

(ii) The dissolving medium is referred to as *solution/solute/solvent.*

(iii) The process of decomposing a substance into volatile and non-volatile products by heating out of contact with air is what is known as *dry distillation/sublimation/decantation.*

তৃতীয় অধ্যায়

পদার্থ পরিচয়, ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তন

3-1. জড় (Matter) : বস্তু-জগতে আমরা বিচিত্র পদার্থের সংস্পর্শে আসি। পদার্থ মাত্রই জড়ের অন্তর্গত। যদি একটি জড়কে অপর একটি জড় হইতে উহাদের আয়তন (volume), আকৃতি (shape), বা অন্য কোন স্বতন্ত্র গুণ দ্বারা পার্থক্য করা যায় তবে প্রতিটি বিভিন্ন জড়কে এক একটি বস্তু বা পদার্থ (body or object) বলে। জড়ের যত ক্ষুদ্র অংশেরই কল্পনা করা হউক না কেন ইহার ওজন আছে। ইহা স্থান অধিকার করিয়া থাকে এবং ইহাকে শক্তির প্রভাবে গতিশীল করা যায়। আমরা এক বা একাধিক ইন্দ্রিয়ের সাহায্যে পদার্থের স্বরূপ নির্ণয় করিয়া থাকি। কিন্তু পদার্থ ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য হইলেও ইহা স্মরণ রাখিতে হইবে যে, যাহা কিছু ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য তাহাই পদার্থ নহে। যথা—পদার্থের উষ্ণতা আমরা স্পর্শ দ্বারা অনুভব করি কিন্তু উষ্ণতা পদার্থ নহে—শক্তি। জড়ের উপরে কার্য করিবার ক্ষমতাকে শক্তি (energy) বলে।

3-2. পদার্থের অবস্থাভেদ (Different states of matter) **:** পদার্থসমূহ তিন প্রকার অবস্থায় থাকিতে পারে, যথা—(i) কঠিন, (ii) তরল ও (iii) গ্যাসীয় অবস্থা। উষ্ণতা এবং চাপের তারতম্য ঘটাইয়া পদার্থকে এক অবস্থা হইতে অন্য অবস্থায় পরিবর্তন করা যাইতে পারে।

কঠিন পদার্থ : কঠিন পদার্থের একটি নির্দিষ্ট আকৃতি, আয়তন ও ওজন আছে। বাহির হইতে বলপ্রয়োগ ব্যতীত ইহার আকৃতির কোন পরিবর্তন সাধিত হয় না। লৌহ, স্বর্ণ, বালুকা প্রভৃতি কঠিন পদার্থ।

তরল পদার্থ : তরল পদার্থের কোন নিজস্ব নির্দিষ্ট আকৃতি নাই কিন্তু নির্দিষ্ট আয়তন ও ওজন আছে। যে পাত্রে ইহাকে রাখা হয়, ইহা সেই পাত্রের আকৃতি ধারণ করে। এক পাত্রের তরলকে ভিন্ন রকম পাত্রে ঢালিলে, ইহার আকৃতির পরিবর্তন ঘটে কিন্তু আয়তনের কোন পরিবর্তন ঘটে না। তরল পদার্থের গতি সর্বদাই নিম্নাভিমুখী এবং ইহার উপরিভাগ সমতল। পারদ, জল, তৈল প্রভৃতি তরল পদার্থ।

গ্যাসীয় পদার্থ: গ্যাসীয় পদার্থের কোন নির্দিষ্ট আকৃতি বা আয়তন নাই, কিন্তু নির্দিষ্ট ওজন আছে। ইহা যতই অল্প হউক না কেন যে পাত্রে রাখা হইবে তাহার সমস্ত স্থান অধিকার করিয়া থাকিবে এবং সেই পাত্রের আকৃতি ধারণ করিবে। ঘরে ধূপ জ্বালাইলে উহার ধোঁয়ায় সমস্ত ঘর ভরিয়া যায়।

কোন কঠিন পদার্থে ক্রমাগত তাপ প্রয়োগ করিলে উহা প্রথমে তরল এবং শেষ পর্যন্ত গ্যাসীয় অবস্থা প্রাপ্ত হয়। আবার কোন গ্যাসীয় পদার্থকে শীতল করিলে উহা প্রথমে তরলে পরিণত হয় এবং আরও শীতল করিলে ঐ তরল পদার্থ কঠিনে রূপান্তরিত হয়। উদাহরণস্বরূপ জলকে লওয়া যাইতে পারে। ইহা কঠিন—বরফ, তরল—জল এবং গ্যাসীয়—জলীয় বাষ্প—এই তিন অবস্থাতেই থাকিতে পারে। জল তাপ-প্রয়োগে জলীয় বাষ্পে এবং শীতলতার প্রভাবে কঠিন বরফে পরিণত হয়।

$$\text{বরফ} \underset{\text{শৈত্য}}{\overset{\text{তাপ}}{\rightleftharpoons}} \text{জল} \underset{\text{শৈত্য}}{\overset{\text{তাপ}}{\rightleftharpoons}} \text{জলীয় বাষ্প}$$

আবার এমন কতকগুলি পদার্থ আছে যাহাদের উপর তাপ প্রয়োগ করিলে তাহারা কঠিন অবস্থা হইতে সরাসরি গ্যাসীয় অবস্থা প্রাপ্ত হয় এবং শীতল করিলে উহারা তরল না হইয়া পুনরায় কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয়। এই প্রক্রিয়াকে ঊর্ধ্বপাতন (sublimation) বলা হয়। কর্পূর, আয়োডিন প্রভৃতি এই প্রকার পদার্থের প্রকৃষ্ট উদাহরণ।

আবার এমন কতকগুলি পদার্থ আছে যাহাদের উত্তপ্ত করিলে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে। যেমন কঠিন কার্বনকে বায়ুতে পোড়াইলে উহা একপ্রকার গ্যাসীয় পদার্থে পরিণত হয়। এই গ্যাসীয় পদার্থটি কার্বন ডাই-অক্সাইড নামে পরিচিত। ইহার রাসায়নিক সংযুতি (composition) কার্বন হইতে স্বতন্ত্র। কঠিন কার্বন এবং গ্যাসীয় কার্বন ডাই-অক্সাইড একই পদার্থের বিভিন্ন ভৌত অবস্থা নহে।

অতএব **কোন পদার্থ যদি এক অবস্থা হইতে অন্য অবস্থায় রূপান্তরিত হয় এবং এই বিভিন্ন অবস্থার রাসায়নিক সংযুতি যদি অভিন্ন হয় তাহা হইলে, এই রূপান্তরকে পদার্থের অবস্থা পরিবর্তন বলা হয়।** পদার্থের এই অবস্থা-পরিবর্তন পারিপার্শ্বিক চাপের

উপর নির্ভর করিয়া একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ঘটিয়া থাকে এবং যতক্ষণ পর্যন্ত না এই পরিবর্তন সম্পূর্ণ হয় ততক্ষণ এই উষ্ণতা স্থির থাকে।

(i) **গলন ও কঠিনীভবন** (Melting and freezing): কোন পদার্থের কঠিন অবস্থা হইতে তরল অবস্থায় রূপান্তরকে গলন (fusion or melting) বলে। আবার তরল পদার্থের তরল হইতে কঠিন অবস্থায় রূপান্তরকে কঠিনীভবন (freezing or solidification) বলে।

কোন কঠিন পদার্থকে ক্রমাগত উত্তপ্ত করিলে যতক্ষণ না উহার গলন শুরু হয় ততক্ষণ উহার তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইতে থাকে। কিন্তু একবার গলন শুরু হইলে উহার তাপমাত্রা আর বৃদ্ধি পায় না যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত কঠিন তরলে রূপান্তরিত হয়। বিভিন্ন কঠিন পদার্থ বিভিন্ন তাপমাত্রায় গলিতে আরম্ভ করে এবং এই তাপমাত্রাকে কঠিন পদার্থের **গলনাঙ্ক** (melting point) বলে। সমস্ত কঠিন পদার্থ যখন তরলে পরিণত হয় তখন আবার যথারীতি তরলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইতে থাকে।

(ii) **স্ফুটন** (boiling): **একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় তরল পদার্থের সমস্ত অংশ হইতে দ্রুত বাষ্পে পরিণত হওয়ার পদ্ধতিকে স্ফুটন বলে এবং যে তাপমাত্রায় ইহা সংঘটিত হয় তাহাকে স্ফুটনাঙ্ক** (boiling point) **বলে**। চাপের সহিত ইহার সম্পর্কের কথা পূর্বেই (17 পৃষ্ঠা দ্রষ্টব্য) আলোচনা করা হইয়াছে।

3-3. ভৌত এবং রাসায়নিক পরিবর্তন (Physical and Chemical changes): পদার্থসমূহের পরিবর্তন দুই ভাগে ভাগ করা যায়—ভৌত এবং রাসায়নিক।

ভৌত পরিবর্তন: যে পরিবর্তনে পদার্থের গঠনের অর্থাৎ উহার অণুগুলির গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না কিন্তু কেবলমাত্র কতকগুলি বাহিক গুণ যাহা সহজেই ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য, যথা—অবস্থা, আকার, বর্ণ, গন্ধ, দ্রাব্যতা, স্ফুটনাঙ্ক, গলনাঙ্ক, চৌম্বকত্ব প্রভৃতি বদলাইয়া যায় তাহাকে ভৌত পরিবর্তন বলে। ভৌত পরিবর্তন অস্থায়ী এবং পরিবর্তনের কারণ অপসারিত হইলে পদার্থ পূর্বাবস্থা ফিরিয়া পায়। তাহা ছাড়া, ভৌত পরিবর্তনে তাপের তারতম্য হইতেও পারে, নাও হইতে পারে, কিন্তু ওজনের কোন তারতম্য হইবে না।

দৃষ্টান্ত: জলকে তাপ প্রয়োগ করিলে বাষ্প হয়। আবার বাষ্পকে

শীতল করিলে জল হয় এবং এই জলকে আরও শীতল করিলে বরফ উৎপন্ন হয়। কোন ক্ষেত্রেই জলের অণুর গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না।

কর্পূর বাতাসে রাখিয়া দিলে ধীরে ধীরে উহা গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয়। ফলে, উহা অদৃশ্য হইয়া যায়। ইহাতে কর্পূরের অণুর কোনও পরিবর্তন ঘটে না। চারিদিকের বায়ুমণ্ডল শীতল করিলেই কর্পূর আবার কঠিন অবস্থায় পাওয়া যায়।

প্লাটিনাম তারে তাপ প্রয়োগ করিলে তার প্রথমে লোহিততপ্ত (red hot) এবং পরে শুভ্রতপ্ত (white hot) হয়। শীতল করিলে তার আবার মূল বর্ণ ফিরিয়া পায়।

খানিকটা সাধারণ লবণ জলের সহিত মিশ্রিত করিলে, লবণ অদৃশ্য হইয়া যায়। জলকে বাষ্পীভূত করিলে একই ওজনের লবণ পুনরায় ফিরিয়া পাওয়া যায়।

রাসায়নিক পরিবর্তন : যে পরিবর্তনে পদার্থের সংযুতির অর্থাৎ অণু-গুলির গঠনের পরিবর্তন হইয়া নূতন পদার্থের অণু উৎপন্ন হয় তাহাকে রাসায়নিক পরিবর্তন বলে। এই পরিবর্তন স্থায়ী ; কারণ, ইহাতে যে নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয় তাহাকে সহজে পূর্বাবস্থায় ফিরাইয়া আনা যায় না। তাহা ছাড়া এই পরিবর্তনে তাপের ও ওজনের তারতম্য হইবেই।

দৃষ্টান্ত : লোহকে বায়ুতে রাখিয়া দিলে উহার উপর একটি বাদামী বর্ণের আস্তরণ পড়ে। ইহাকে মরিচা বলে। মরিচার গঠন এবং ধর্ম লৌহ হইতে স্বতন্ত্র। অতএব এই পরিবর্তনে একটি নূতন পদার্থ উৎপন্ন হইয়াছে—মরিচা চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয় না, লৌহের ওজন অপেক্ষা লৌহ হইতে উৎপন্ন মরিচার ওজন বেশী।

গলিত খাদ্যলবণের (সাধারণ লবণ) ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে ক্লোরিন নামক একটি সবুজাভ হলুদ বর্ণের গ্যাস এবং সোডিয়াম নামক একটি ধাতু উৎপন্ন হয়। খাদ্য লবণের ধর্ম উৎপন্ন ক্লোরিন এবং সোডিয়াম হইতে সম্পূর্ণ স্বতন্ত্র।

এক টুকরা ম্যাগনেসিয়ামের তারকে তাপ প্রয়োগ করিলে উহা জলিয়া ওঠে এবং একটি সাদা গুঁড়া পড়িয়া থাকে। উৎপন্ন গুঁড়ার ওজন ম্যাগনেসিয়ামের ওজন অপেক্ষা বেশী। এই সাদা গুঁড়া একটি নূতন পদার্থ।

শিক্ষার্থিগণের স্থবিধার জন্য নিম্নে আরও কয়েকটি ভৌত এবং রাসায়নিক পরিবর্তনের দৃষ্টান্ত দেওয়া হইল :

(i) সোডাওয়াটার বোতলের ছিপি খুলিলে বুদ্‌বুদ্ বাহির হয়। সোডাওয়াটার বোতলে জলের ভিতর উচ্চ চাপে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্রবীভূত থাকে। ছিপি খুলিয়া দিলে এই চাপ কমিয়া যায় এবং অতিরিক্ত গ্যাস বাহির হইয়া যায়। বিভিন্ন চাপে কার্বন ডাই-অক্সাইডের দ্রাব্যতার যে পার্থক্য তাহার জন্যই এরূপ ঘটিয়া থাকে—বর্ধিত চাপে কার্বন ডাই-অক্সাইডের দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পায়। অতএব এই পরিবর্তনও একটি ভৌত পরিবর্তন।

(ii) তুঁতের দ্রবণে একখণ্ড লৌহ ডুবাইলে লৌহের উপর তামার আবরণ পড়ে। ইহা একটি রাসায়নিক পরিবর্তন, কারণ লৌহ দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং লৌহের উপর তামার আস্তরণ পড়ে। তামা এবং তুঁতের ধর্ম পৃথক্। কোনও সহজ প্রক্রিয়ার সাহায্যে ঐ তামাকে পরিবর্তন করিয়া তুঁতে করা যায় না।

(iii) ঘন রসে একটি চিনির দানা রাখিয়া দিলে উহা আকারে বর্ধিত হয়। চিনি উহার সম্পৃক্ত দ্রবণ হইতে নিমজ্জিত (চিনির) দানার উপর কেলাসিত হয় বলিয়াই দানা আকারে বর্ধিত হয়। এক্ষেত্রে বর্ধিত কেলাসটি চিনিই ; নূতন কোন পদার্থ নহে। অতএব পরিবর্তনটি ভৌত।

(iv) খাদ্যলবণ (বা সাধারণ লবণ) জলের সহিত মিশ্রিত করিয়া ঝাঁকাইলে, খাদ্যলবণ জলে দ্রবীভূত হয়। ইহা একটি ভৌত পরিবর্তন। কারণ, দ্রবীভূত অবস্থায় লবণের মূল ধর্মগুলি এবং উহার গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না। জলীয় দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিয়া যে কঠিন পদার্থ ফিরিয়া পাওয়া যায় তাহার ওজন অপরিবর্তিত থাকে (অর্থাৎ গৃহীত ওজনের সমান) এবং উহার ধর্ম ও গঠন খাদ্যলবণ হইতে অভিন্ন।

(v) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করিলে উহা গ্যাসীয় অবস্থা প্রাপ্ত হয় এবং শৈত্যের প্রভাবে গ্যাসীয় অবস্থা হইতে পুনরায় কঠিন অবস্থায় ফিরিয়া আসে—তাই, উহা পরীক্ষানলের অপেক্ষাকৃত শীতলস্থানে সঞ্চিত হয়। এই পরিবর্তনে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে কোন নূতন পদার্থ গঠিত হয় না বা উহার মূল ধর্মের কোন পরিবর্তন হয় না—কেবলমাত্র অবস্থার রূপান্তর ঘটিয়া থাকে। অতএব, ইহা একটি ভৌত পরিবর্তন।

(vi) চুম্বকের সংস্পর্শে লৌহখণ্ড চুম্বকত্ব প্রাপ্ত হয়। ইহাতে লৌহখণ্ডের ওজন, গঠন ইত্যাদি এবং রাসায়নিক ধর্মের কোনরূপ পরিবর্তন সাধিত হয় না। আবার তাপপ্রয়োগে সহজেই লৌহখণ্ড এই চুম্বক-ধর্ম হারায়। স্থতরাং, ইহা একটি ভৌত পরিবর্তন।

(vii) এক টুক্‌রা তামার তার বুনসেন শিখায় ধরিলে, শিখার বর্ণ নীল হয় এবং কিছুক্ষণ পরে ঐ বর্ণ অদৃশ্য হইয়া যায়। এখানে তামা অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া একটি নূতন কালো পদার্থ গঠন করে। উৎপন্ন কালো পদার্থ টির নাম কপার অক্সাইড। তামার উপর এই অক্সাইডের একটি আবরণ পড়ে বলিয়া নীল শিখা আর উৎপন্ন হয় না। কপার অক্সাইডের ধর্ম তামার ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ পৃথক্। এই পরিবর্তন স্থায়ী। অতএব, ইহা একটি রাসায়নিক পরিবর্তন।

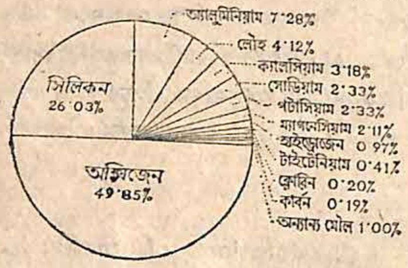
(viii) চিনি চা'তে দ্রবীভূত হইলে চিনির মূল-ধর্মের বা উহার অণুর গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না। দ্রবণটি বাষ্পীভূত করিলে অবশেষরূপে প্রাপ্ত চিনির ওজন এবং মূল ধর্ম অপরিবর্তিত থাকে। অতএব, এই পরিবর্তন অস্থায়ী এবং ইহা একটি ভৌত পরিবর্তন।

(ix) কলিচুনের উপর জল দিলে চুনের স্তূপ চূর্ণবিচূর্ণ হইয়া সূক্ষ্ম চূর্ণে পরিণত হয়। জলের সহিত যুক্ত হইয়া চুন ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়। এই পরিবর্তন ঘটিবার সময় একটি হিস্‌হিস্ শব্দ হয় এবং চুন স্তূপ ভাঙ্গিয়া চূর্ণবিচূর্ণ হয়। ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড কলিচুন হইতে সম্পূর্ণ পৃথক্ জিনিস। এই পরিবর্তনে তাপের উদ্ভব হয় এবং ইহা একটি স্থায়ী পরিবর্তন। অতএব, ইহা একটি রাসায়নিক পরিবর্তন।

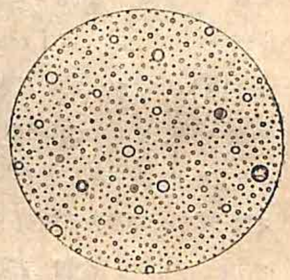
3-4. পদার্থের শ্রেণীবিভাগ (Classification of matter) : বিচিত্র এই পৃথিবী, বিচিত্র তাহার প্রতিটি পদার্থ। জড় জগতে আমরা বহু বিচিত্র পদার্থ দেখিতে পাই, কিন্তু উপাদানগতভাবে মাত্র শতাধিক স্বতন্ত্র রকমের (distinct species) পদার্থ বিদ্যমান যাহা দ্বারা এই বিচিত্র পদার্থসমূহের সৃষ্টি। আজ পর্যন্ত এই যে শতাধিক স্বতন্ত্র পদার্থ আবিষ্কৃত হইয়াছে ইহাদিগকে মৌলিক (element) পদার্থ বলে। সকল মৌলিক পদার্থ কিন্তু প্রকৃতিতে পাওয়া যায় নাই, ইহাদের মধ্যে কতকগুলি কৃত্রিম উপায়ে উৎপাদন করা হইয়াছে। মৌলিক পদার্থের সঠিক সংজ্ঞা পরে দেওয়া হইবে। বিজ্ঞান হিসাবে রসায়নের চর্চা দুই শতাধিক বৎসরের অধিক নহে। এই সময়ের মধ্যে বায়ু হইতে আরম্ভ করিয়া সমুদ্রের জল, ভূত্বক্ এবং উহার নিম্নস্থ খনিজ পদার্থসমূহ পর্যন্ত পৃথিবীর প্রায় সমস্ত পদার্থ বিভিন্নভাবে বিশ্লেষণ করা হইয়াছে। এই বিশ্লেষণের ফলে দেখা গিয়াছে যে পৃথিবীতে মাত্র পঁচিশটি মৌলিক পদার্থ পর্যাপ্ত পরিমাণে বর্তমান। বিজ্ঞানীদের ধারণা যে পৃথিবীর কেন্দ্র প্রধানত লৌহ এবং কিছু নিকেল দ্বারা গঠিত এবং কতকগুলি ভারী ধাতুর অক্সাইড ও সালফাইড দ্বারা ইহা আবৃত। এই অক্সাইড-সালফাইড আবরণ আবার সিলিকেট জাতীয় পদার্থের একটি স্তর দ্বারা আবৃত। কাহারও কাহারও মতে শেষোক্ত স্তর দুইটির মধ্যে আর একটি স্তর আছে এবং এই মধ্যবর্তী স্তরটি অক্সাইড জাতীয় পদার্থ দ্বারা গঠিত।

মৌলিক পদার্থের মধ্যে মাত্র অল্প কয়েকটি, যথা—স্বর্ণ, রৌপ্য, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন ইত্যাদি পৃথিবীতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় এবং বেশীর ভাগ মৌলিক পদার্থই যুক্ত অবস্থায় অর্থাৎ যৌগিক হিসাবে বর্তমান। পৃথিবীতে প্রধান প্রধান মৌলসমূহের আপেক্ষিক পরিমাণ পরপৃষ্ঠায় চিত্রের সাহায্যে দেখান হইয়াছে।

বিশ্বের অগণিত বস্তুরাশির প্রত্যেকটি যে একটি মাত্র উপাদান দ্বারা গঠিত হইবে এমন কোন কথা নাই। উদাহরণস্বরূপ দুগ্ধের কথা বলা যাইতে পারে। ইহা একটি বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত শুভ্র তরল। ইহার একটি মিষ্ট স্বাদ আছে। ইহাতে শর্করা, প্রোটিন, স্নেহজাতীয় পদার্থ, জল ইত্যাদি বর্তমান। আবার সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসে সোডিয়াম ক্লোরাইড ছাড়া অন্য কোন উপাদান নাই। প্রথমটি অর্থাৎ দুগ্ধকে মিশ্রণ এবং দ্বিতীয়টিকে বিশুদ্ধ পদার্থ বলা যায়। যে-মিশ্রণে উহার উপাদান পদার্থসমূহের স্বতন্ত্র অস্তিত্ব খালি চোখে বা অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে বুঝা যায় তাহাকে অ-সমসত্ত্ব (heterogeneous) মিশ্রণ বলা হয় এবং যে-মিশ্রণে উহার উপাদানসমূহের অস্তিত্ব অনুরূপভাবে ধরা পড়ে না তাহাকে সমসত্ত্ব (homogeneous) পদার্থ বলে। কর্দমাক্ত জল একটি অ-সমসত্ত্ব মিশ্র পদার্থ ; কারণ উহাতে মাটি, বালি এবং জলের পৃথক্ অস্তিত্ব খালি চোখেও দেখা যায়। দুগ্ধ একটি মিশ্রণ হইলেও উহার উপাদানসমূহকে স্বতন্ত্রভাবে খালি চোখে দেখা যায় না। কিন্তু এক ফোঁটা দুগ্ধকে অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পর্যবেক্ষণ করিলে দেখা যায় যে একটি বর্ণহীন তরলের ভিতর স্নেহজাতীয় পদার্থ ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র গোলাকার বড়ির আকারে প্রলম্বিত অবস্থায় আছে। সুতরাং, দুগ্ধও একটি অ-সমসত্ত্ব (heterogeneous) মিশ্র পদার্থ।



প্রধান প্রধান মৌলসমূহের আপেক্ষিক পরিমাণ


অণুবীক্ষণ যন্ত্রে এক ফোঁটা দুগ্ধকে যেরূপ দেখায়

আবার একটি পরীক্ষানলে অল্প একটু জল লইয়া উহাতে লবণ যোগ কর এবং পরীক্ষানলটিকে উত্তমরূপে ঝাঁকাও। লবণ অদৃশ্য হইয়া যাইবে কিন্তু উৎপন্ন মিশ্রণের স্বাদ হইতে লবণের অস্তিত্ব বুঝা যাইবে। এইরূপ মিশ্রণকে দ্রবণ বলা হয়। এই মিশ্রণে জল এবং লবণের পৃথক্ অস্তিত্ব খালি চোখে বা অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে দেখা যায় না। সুতরাং, ইহা একটি সমসত্ত্ব মিশ্র পদার্থ। অতএব, দেখা যাইতেছে অ-সমসত্ত্ব পদার্থ মাত্রই মিশ্রণ, কিন্তু মিশ্রণ সমসত্ত্বও হইতে পারে। সকল বিশুদ্ধ পদার্থ একটি মাত্র উপাদান দ্বারা গঠিত অর্থাৎ

বিশুদ্ধ পদার্থে ঐ পদার্থটি ছাড়া আর কিছুই থাকে না। সুতরাং, বিশুদ্ধ পদার্থ মাত্রই সমসত্ব হইবে। কর্দমাক্ত জল একটি বীকারে কিছুক্ষণ স্থিরভাবে রাখিয়া দিলে মাটি, বালু ইত্যাদি অপেক্ষাকৃত ভারী বলিয়া উহাদের অনেকটাই থিতাইয়া বীকারের তলদেশে সঞ্চিত হয়। বীকারের উপরিভাগে উপাদানগুলির আনুপাতিক হার এবং বীকারের নিম্নভাগের আনুপাতিক হার অসমান। কিন্তু লবণের জলীয় দ্রবণ যতক্ষণই স্থিরভাবে রাখা হউক না কেন দেখা যাইবে যে উহার সর্বাংশে উপাদানসমূহ একই অনুপাতে আছে। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে কর্দমাক্ত জল এবং লবণের জলীয় দ্রবণ যথাক্রমে অ-সমসত্ব এবং সমসত্ব শ্রেণীর।

অতএব, যে-মিশ্র পদার্থের সর্বাংশে উহার উপাদানসমূহের অনুপাত অভিন্ন (same) তাহাকে **সমসত্ব** (homogeneous) এবং যে-মিশ্র পদার্থের বিভিন্ন অংশে উহার উপাদানসমূহের আনুপাতিক হার অ-সমান তাহাকে **অ-সমসত্ব** (heterogeneous) শ্রেণীর পদার্থ বলে।

সকল বিশুদ্ধ পদার্থকে দুইটি ভাগে ভাগ করা হয়—মৌলিক পদার্থ বা মৌল (element) এবং যৌগিক পদার্থ বা যৌগ (compound)।

মৌলিক পদার্থ (Element): যে পদার্থকে কোন প্রকার রাসায়নিক বিশ্লেষণ দ্বারা পৃথক্ গুণবিশিষ্ট দুই বা ততোধিক পদার্থে বিশ্লিষ্ট করা যায় না, তাহাকে মৌলিক পদার্থ বলে। সুতরাং মৌলিক পদার্থগুলি একটিমাত্র উপাদান দ্বারা গঠিত। যথা—হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ইত্যাদি।

যৌগিক পদার্থ (Compound): যে পদার্থ বিশ্লেষণের ফলে দুই বা ততোধিক সরলতর পদার্থ বা মৌলিক পদার্থ পাওয়া যায় তাহাকে যৌগিক পদার্থ বা যৌগ বলে। যৌগিক পদার্থের সংজ্ঞা অন্যভাবেও দেওয়া যাইতে পারে। যদি দুই বা ততোধিক পদার্থ কোন নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে পরস্পরের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে নূতন গুণ-বিশিষ্ট পদার্থ উৎপন্ন করে তখন উহাকে রাসায়নিক সংযোগ বলে এবং নূতন পদার্থটিকে যৌগিক পদার্থ বলে। জল, চিনি, লবণ ইত্যাদি যৌগিক পদার্থ। জলকে বিদ্যুৎ প্রভাবে বিশ্লিষ্ট করিলে উহা হইতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পাওয়া যায়।

মৌলিক পদার্থগুলিকে আবার উহাদের ধর্মানুযায়ী তিনটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়—ধাতু, অ-ধাতু ও ধাতুকল্প। ধাতুগুলি সাধারণতঃ অধিকতর ঘাতসহ (malleable), প্রসারশীল (ductile) এবং ইহাদের একটি বিশেষ

দ্যুতি (lustre) আছে। ইহারা তাপ ও তড়িৎ-সুপরিবাহী। লৌহ, তাম্র, স্বর্ণ, রৌপ্য ইত্যাদি এই শ্রেণীর মৌলের প্রকৃষ্ট উদাহরণ। পক্ষান্তরে অ-ধাতব মৌলসমূহে সাধারণতঃ এই সকল ধর্ম প্রায় অবর্তমান। সালফার, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ইত্যাদি অ-ধাতব মৌল। তবে ধাতব মৌলের কোন কোন ধর্ম এই অ-ধাতব মৌলের কোন কোনটিতে বিশেষভাবে পরিলক্ষিত হয়। মনে রাখিও, ইহা কিন্তু ব্যতিক্রম ছাড়া আর কিছুই নহে। আবার, এইরূপ কতকগুলি মৌল আছে যাহারা ধাতব এবং অ-ধাতব মৌলের মাঝামাঝি ধর্মসম্পন্ন এবং যাহাদের ভিতর উভয় শ্রেণীর কিছু কিছু ধর্ম পরিলক্ষিত হয়। এই সকল মৌলকে ধাতুকল্প (metalloid) বলে। আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি এই শ্রেণীর মৌলের প্রকৃষ্ট উদাহরণ। উপরিউক্ত আলোচনা হইতে জড়জগতের শ্রেণীবিন্যাস নিম্নলিখিত সারণীর সাহায্যে দেখান যাইতে পারে :

জড়জগৎ

- **অ-সমসত্ত্ব পদার্থ** (বারুদ, মাটি ইত্যাদি)
- **সমসত্ত্ব পদার্থ** (স্বর্ণ, অক্সিজেন, আর্সেনিক, বায়ু, লবণের জলীয় দ্রবণ, জল, অ্যাসিড ইত্যাদি)
  - **বিশুদ্ধ পদার্থ** (স্বর্ণ, অক্সিজেন, আর্সেনিক, জল, অ্যাসিড)
    - **মৌলিক পদার্থ** (স্বর্ণ, অক্সিজেন, আর্সেনিক)
      - **ধাতু** (স্বর্ণ)
      - **ধাতুকল্প** (আর্সেনিক)
      - **অ-ধাতু** (অক্সিজেন)
    - **যৌগিক পদার্থ** (জল, অ্যাসিড)
  - **মিশ্র পদার্থ** (বায়ু, লবণের জলীয় দ্রবণ)

এখন আমরা মিশ্র পদার্থ বলিতে কি বুঝায় এবং মিশ্র ও যৌগিক পদার্থের তুলনামূলক আলোচনা করিব।

মিশ্র পদার্থ—যদি দুই বা ততোধিক পদার্থ (মৌলিক বা যৌগিক) নিজেদের প্রকৃতি ও গুণ বজায় রাখিয়া যে-কোন ওজনের অনুপাতে মিশিয়া

কেবল পাশাপাশি অবস্থান করে তবে ইহাকে পদার্থের সাধারণ মিশ্রণ বলা হয় এবং একত্রিত পদার্থটিকে মিশ্র পদার্থ বলে।

3-5. মিশ্র ও যৌগিক পদার্থের তুলনা (Comparison of Mechanical mixture and Chemical compound):

মিশ্র পদার্থ	যৌগিক পদার্থ
(1) মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলি কেবল পাশাপাশি মিশিয়া থাকে এবং মিশ্র পদার্থের ধর্ম উহার উপাদানগুলির ধর্মের সমষ্টি মাত্র, কোন নূতন ধর্মের বিকাশ নয়।	এক্ষেত্রে উপাদানগুলি (যৌগিক পদার্থের) পরস্পরে মিলিত হইয়া ভিন্ন পদার্থে পরিণত হয় এবং উপাদানগুলির ধর্ম লোপ পাইয়া একটি পৃথক্ ধর্ম প্রকাশ পায়।

পরীক্ষা: (a) (i) 7 ভাগ লৌহচূর এবং 4 ভাগ গন্ধক উত্তমরূপে মিশ্রিত কর। এখন একটুখানি মিশ্রিত পদার্থকে লেন্স-এর সাহায্যে পরীক্ষা কর, কালো লৌহ-কণা ও হলুদ গন্ধক-কণা পাশাপাশি দেখা যাইবে।

(ii) মিশ্রণের উপর চুম্বক ধর, দেখিবে গন্ধক আকৃষ্ট হয় না; কিন্তু লৌহচূর চুম্বকদ্বারা আকৃষ্ট হইয়া উঠিয়া আসিবে।

(iii) পরীক্ষা-নলে একটু কার্বন ডাই-সালফাইড লও এবং ইহার সহিত গন্ধক ও লৌহের মিশ্রণ যোগ কর, দেখিবে গন্ধক দ্রবীভূত হইয়া যাইবে। কালো লৌহ পড়িয়া থাকিবে। ফিল্টার কাগজের সাহায্যে দ্রবণকে ছাঁকিয়া লও এবং পরিস্রুত দ্রবণকে বাতাসে রাখিয়া দাও। হলুদ গন্ধক পাত্রে পড়িয়া থাকিবে। কারণ, কার্বন ডাই-সালফাইড বাষ্পাকারে উড়িয়া যাইবে।

(iv) একটি পরীক্ষা-নলে মিশ্রণটি লইয়া উহাতে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢাল; লৌহচূর দ্রবীভূত হইয়া যাইবে কিন্তু গন্ধক তলায় পড়িয়া থাকিবে এবং একটি গন্ধহীন গ্যাস নির্গত হইবে। পরীক্ষা-নলের মুখে একটি প্রজ্বলিত শলাকা ধর। দেখিবে গ্যাসটি সশব্দে জ্বলিয়া উঠিবে। ইহা হইতে বুঝা যায় যে নির্গত গ্যাসটি হাইড্রোজেন। অতএব দেখা যাইতেছে যে, উপরি-উক্ত মিশ্রণে লৌহ ও গন্ধকের নিজস্ব ধর্মগুলি অব্যাহত রহিয়াছে।

পরীক্ষা: (b) উপরি-উক্ত মিশ্রণের খানিকটা একটি পরীক্ষা নলে লইয়া উহাকে উত্তপ্ত কর। লৌহ ও গন্ধক রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় যুক্ত হইয়া একটি নূতন পদার্থ উৎপন্ন করিবে।

(i) পরীক্ষা-নলটি ঠাণ্ডা কর, এবং উহার ভিতর হইতে কঠিন বস্তুটি বাহির করিয়া উহাকে গুঁড়া কর। লেন্স দ্বারা পরীক্ষা করিলে দেখিতে পাইবে যে, এই নূতন পদার্থটিতে হলুদ কোন গন্ধক-কণা নাই।

(ii) গুঁড়ার উপর চুম্বক ধরিলে কোন লৌহকণা আর চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয় না।

(iii) একটি পরীক্ষা-নলে খানিকটা গুঁড়ার সহিত একটু কার্বন ডাই-সালফাইড মিশ্রিত

করিয়া উহাকে ভালভাবে নাড়িয়া দাও এবং ফিল্টার কাগজের সাহায্যে ছাঁকিয়া লও। পরিস্রুত তরলকে বাষ্পীভূত করিলে উহা হইতে কোন গন্ধক পাইবে না।

(iv) একটু গুঁড়ার সহিত খানিকটা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত কর। পচা ডিমের গন্ধযুক্ত একটি গ্যাস নির্গত হইবে (কিন্তু হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় না)। সুতরাং লৌহ ও গন্ধকের স্ব স্ব গুণ বিলুপ্ত হইয়া একটি নূতন পদার্থ উৎপন্ন হইয়াছে।

(2) মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলি সহজ উপায়ে পৃথক্ করা যায়।	যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলি সহজ উপায়ে পৃথক্ করা যায় না।

দৃষ্টান্ত ঃ লৌহ ও গন্ধকের মিশ্রণ হইতে লৌহ চুম্বক দ্বারা এবং গন্ধক কার্বন ডাই-সালফাইড দ্বারা পৃথক্ করা যায়। কিন্তু লৌহ ও গন্ধকের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগিক পদার্থ ফেরাস সালফাইড হইতে লৌহ বা গন্ধক এইভাবে পৃথক্ করা যায় না।

(3) মিশ্র পদার্থ প্রস্তুতিকরণে **সাধারণতঃ** তাপের তারতম্য ঘটে না।	যৌগিক পদার্থ উৎপাদনে তাপের তারতম্য ঘটিবেই।

দৃষ্টান্ত ঃ ফেরাস সালফাইড উৎপাদনে প্রভূত তাপ উদ্ভূত হয়। কিন্তু লৌহ ও গন্ধক **কেবল মিশ্রিত** করিলে তাপের কোন তারতম্য ঘটে না।

(4) মিশ্র পদার্থ অ-সমসত্ত্বও হইতে পারে, সমসত্ত্বও হইতে পারে।	যৌগিক পদার্থ সর্বদাই সমসত্ত্ব।

দৃষ্টান্ত ঃ লৌহচূর ও গন্ধকের মিশ্রণ লেন্স দ্বারা পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে গন্ধকের হলুদ কণাগুলি ইতস্ততঃ বিক্ষিপ্ত রহিয়াছে। লৌহ ও গন্ধকের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ফেরাস সালফাইড পরীক্ষা করিলে কোন হলুদ কণা দেখা যাইবে না।

[লবণ ও জল মিশ্রিত করিলে, লবণের দ্রবণ উৎপন্ন হয়। কিন্তু ইহা মিশ্রণ হইলেও সমসত্ত্ববিশিষ্ট]

(5) মিশ্র পদার্থে উহার উপাদানগুলি যে-কোন অনুপাতে মিশ্রিত হইতে পারে।	যৌগিক পদার্থে উহার উপাদানগুলি সর্বদাই একটি নির্দিষ্ট অনুপাতে সংযুক্ত থাকে।

দৃষ্টান্ত ঃ যে-কোন পরিমাণ লৌহচূর যে-কোন পরিমাণ গন্ধকের সহিত

মিশ্রিত করিয়া গন্ধক ও লৌহের মিশ্রণ তৈরী করা যায়। কিন্তু ফেরাস সালফাইডে সর্বদাই গন্ধক ও লৌহ 4 : 7 অনুপাতে সংযুক্ত থাকে।

(6) মিশ্র পদার্থের কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক (melting point) বা স্ফুটনাঙ্ক (boiling point) থাকে না ; উহা উপাদানগুলির অনুপাতের উপর নির্ভর করে।	বিশুদ্ধ যৌগিক পদার্থের নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক (melting point) বা স্ফুটনাঙ্ক (boiling point) থাকে।

3-6. ধাতু ও অ-ধাতুর তুলনা : ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মানুযায়ী মৌলিক পদার্থগুলিকে মোটামুটি দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হয়। এক শ্রেণীকে বলা হয় ধাতু (metal.) এবং অপর শ্রেণীকে বলা হয় অ-ধাতু (non-metal)। এই শ্রেণীবিভাগ সুবিধাজনক হইলেও একেবারে নিখুঁত বিভাজন সম্ভব নহে ; কারণ, এ রকম কতকগুলি মৌলিক পদার্থ আছে যাহার ভিতর মোটামুটি ধাতু এবং অ-ধাতু উভয়েরই ধর্ম বর্তমান। এই শ্রেণীর মৌলিক পদার্থগুলিকে **ধাতুকল্প** (metalloid) বলে।

নিম্নে ধাতু ও অ-ধাতুর ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা করা হইল।

ভৌত ধর্মের পার্থক্য

ধাতু	অ-ধাতু
(i) ইহা কঠিন এবং আলোক প্রতিফলনে সক্ষম। ইহার ঔজ্জ্বল্য আছে—যাহাকে বলা হয় ধাতব ঔজ্জ্বল্য (metallic lustre)। ব্যতিক্রম :—পারদ (mercury) ধাতু হইলেও তরল।	(i) ইহা সাধারণতঃ তরল বা গ্যাসীয়। ইহা অনুজ্জ্বল এবং আলোক প্রতিফলনে অক্ষম। ব্যতিক্রম :—আয়োডিন, ফস্‌ফরাস, সালফার প্রভৃতি অ-ধাতু হইলেও কঠিন, আয়োডিনের ধাতুর ন্যায় ঔজ্জ্বল্যও আছে।
(ii) ধাতু তাপ ও বিদ্যুতের উৎকৃষ্ট পরিবাহক।	(ii) অ-ধাতু তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবহণে অক্ষম। ব্যতিক্রম :—গ্রাফাইট যদিও অ-ধাতু তথাপি তাপ ও বিদ্যুতের সুপরিবাহক।

ধাতু

(iii) ধাতু ভারী ও কঠিন এবং প্রসারশীল (ductile) ও নমনীয় (malleable)। ইহাকে হাতুড়ী দ্বারা আঘাত করিলে বিশেষ একরকম শব্দের সৃষ্টি হয়—যাহাকে ধাতব শব্দ বলা হয়।

ব্যতিক্রম :—অ্যান্টিমনি ও বিসমাথ ধাতু হইলেও ভঙ্গুর। সোডিয়াম বা পটাসিয়াম জল হইতে হাল্কা।

(iv) অতি উচ্চ উষ্ণতায় ধাতু বাষ্পীভূত হয়।

ব্যতিক্রম :—পারদ (mercury) অতি কম উষ্ণতায় বাষ্পীভূত হয়।

(v) ধাতুর অণু এক পরমাণুক।

অ-ধাতু

(iii) কঠিন অ-ধাতুসমূহ সাধারণতঃ হাল্কা ও ভঙ্গুর। ইহা কোন ধাতব শব্দ সৃষ্টি করিতে পারে না।

ব্যতিক্রম :—আয়োডিন অ-ধাতু হইলেও কোন কোন ধাতু অপেক্ষা ভারী।

(iv) অ-ধাতু অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণতায় বাষ্পীভূত হয়।

ব্যতিক্রম :—কার্বন, সিলিকন প্রভৃতি অ-ধাতু হইলেও অনুদ্বায়ী কঠিন।

(v) অ-ধাতুর অণু সাধারণতঃ বহুপরমাণুক।

রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য

ধাতু

(i) ধাতব আয়নগুলি পরাবিদ্যুৎ-যুক্ত।

(ii) ধাতু সাধারণতঃ হাইড্রোক্লোরিক ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

ব্যতিক্রম :—যে সব ধাতু হাইড্রোজেন অপেক্ষা কম পরাবিদ্যুৎবাহী তাহারা ইহা করিতে পারে না।

অ-ধাতু

(i) অ-ধাতব আয়নগুলি অপরা-বিদ্যুৎযুক্ত।

ব্যতিক্রম :—হাইড্রোজেন আয়ন অ-ধাতব আয়ন হইলেও পরাবিদ্যুৎযুক্ত।

(ii) অ্যাসিডের সহিত অ-ধাতুসমূহের রাসায়নিক সক্রিয়তা খুব কম।

ধাতু	অ-ধাতু
(iii) ধাতুর অক্সাইড ক্ষারকীয় গুণবিশিষ্ট। যথা—CaO, CuO প্রভৃতি। ব্যতিক্রম :—কতকগুলি ধাতব অক্সাইড আম্লিক গুণবিশিষ্ট : যথা—Mn_2O_7, CrO_3 ইত্যাদি এবং কতকগুলি ধাতব অক্সাইডে আম্লিক ও ক্ষারকীয়—উভয় গুণই বর্তমান। যথা—ZnO, Al_2O_3।	(iii) অ-ধাতুর অক্সাইড আম্লিক গুণবিশিষ্ট। যথা—SO_2, CO_2 প্রভৃতি। ব্যতিক্রম :—কতকগুলি অ-ধাতব অক্সাইড নিরপেক্ষ। যথা—NO, CO প্রভৃতি।
(iv) ধাতু সাধারণতঃ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয় না। যুক্ত হইলেও দুঃস্থিত হাইড্রাইড গঠন করে।	(iv) অ-ধাতুর হাইড্রাইড সাধারণতঃ স্থায়ী ধরনের হইয়া থাকে।
(v) (a) ধাতু হ্যালোজেনের সহিত সুস্থিত যৌগ গঠন করে। ব্যতিক্রম :—ফেরিক ক্লোরাইড সুস্থিত যৌগ নহে। কারণ, উহা জলে আর্দ্র বিশ্লেষিত হয়। $FeCl_3+3H_2O=Fe(OH)_3+3HCl$.	(v) অ-ধাতু হ্যালোজেনের সহিত যে-যৌগ গঠন করে উহারা অস্থায়ী ধরনের। যথা :—ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড জলের সংস্পর্শে বিযোজিত হয়, $PCl_3+3H_2O=H_3PO_3+3HCl$.
(b) হ্যালোজেন যৌগ সাধারণতঃ অনুদ্বায়ী এবং তাপ ও তড়িতের সু-পরিবাহক। ব্যতিক্রম :—$SnCl_4$, উদ্বায়ী তরল এবং বিদ্যুৎ পরিবহণে অক্ষম।	ব্যতিক্রম :—কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড একটি সুস্থিত যৌগ, ইহার সহিত জলের কোন বিক্রিয়া ঘটে না।
(vi) ধাতু জটিল যৌগিক পদার্থ গঠন করিতে সক্ষম।	(vi) অ-ধাতু সাধারণতঃ জটিল যৌগিক পদার্থ গঠন করিতে অক্ষম। ব্যতিক্রম :—বোরন ও সিলিকন্ জটিল যৌগিক পদার্থ গঠন করে। যথা :—KBF_4, K_2SiF_6 প্রভৃতি।

মনে রাখিও কোন বিশেষ এক বা একাধিক ধর্মের বিবেচনায় কোন একটি মৌল অ-ধাতু বা ধাতু বলিয়া মনে হইতে পারে, কিন্তু যে যে ধর্মের বিবেচনায় মৌলগুলিকে অ-ধাতু এবং ধাতু এই দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে তাহাদের সামগ্রিক বিচারে মৌলটি কোন্ শ্রেণীভুক্ত তাহাই বিবেচ্য বিষয়। যেমন, গ্রাফাইট একটি কঠিন পদার্থ এবং তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহক। অতএব, এই ধর্ম কয়টির বিবেচনায় গ্রাফাইট একটি ধাতু। আবার টিনের সহিত ক্লোরিন যুক্ত হইলে যে ক্লোরাইড যৌগগুলি উৎপন্ন হয় উহারা জলে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়। উপরন্তু $SnCl_4$ একটি উদ্বায়ী তরল এবং বিদ্যুৎ পরিবহনে অক্ষম। অতএব এই ধর্মের বিবেচনায় টিনকে একটি অ-ধাতু হিসাবে গণ্য করা যাইতে পারে। কিন্তু যে যে ধর্মের বিবেচনায় মৌলগুলিকে ধাতু এবং অ-ধাতু এই দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে তাহাদের সামগ্রিক বিচারে টিন হইল ধাতু এবং গ্রাফাইট অ-ধাতু।

অ-ধাতুর অক্সাইড ক্ষারকীয় গুণসম্পন্ন হয় না—আম্লিক বা নিরপেক্ষ হইয়া থাকে। গ্রাফাইটের দুইটি অক্সাইড আছে—CO এবং CO_2 ; প্রথমটি নিরপেক্ষ এবং দ্বিতীয়টি আম্লিক। সুতরাং গ্রাফাইট অ-ধাতু।

পক্ষান্তরে ধাতুগুলি সাধারণতঃ ক্ষারকীয় অক্সাইড গঠন করে এবং কোন ধাতুর একাধিক অক্সাইড থাকিলে ঐ অক্সাইডগুলির কমপক্ষে একটি ক্ষারকীয় ধর্মসম্পন্ন বা ক্ষারকীয় এবং আম্লিক অর্থাৎ উভধর্মী হইবে। টিনের অক্সাইড SnO এবং SnO_2 উভধর্মী ; কারণ, ইহারা ক্ষার এবং অ্যাসিড উভয়েরই সহিত ক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল গঠন করে। অতএব টিন ধাতুবিশেষ।

Questions

1. What is matter? What are the different states of matter? Give suitable illustrations.

[পদার্থ বলিতে কি বুঝায়? উহার বিভিন্ন অবস্থা কি কি? উপযুক্ত উদাহরণ দাও।]

2. What is meant by melting and freezing? Define melting point and boiling point.

[গলন ও কঠিনীভবন বলিতে কি বুঝায়? গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কের সংজ্ঞা লিখ।]

3. What are the characteristics of physical and chemical changes? Illustrate your answer with suitable examples. State the classification of matter, define element and compound.

[ভৌত এবং রাসায়নিক পরিবর্তনের বৈশিষ্ট্য কি কি? উপযুক্ত উদাহরণসহ উত্তর লিখ। পদার্থের শ্রেণীবিভাগ বিবৃত কর। মৌলিক এবং যৌগিক পদার্থের সংজ্ঞা লিখ।]

4. Define mechanical mixture and chemical compound. How does a mechanical mixture differ from a chemical compound ? Give examples.

[মিশ্র ও যৌগিক পদার্থের সংজ্ঞা লিখ। ইহাদের পার্থক্য বল এবং উদাহরণ দাও।]

5. Compare metals with non-metals. Tin has some characteristics of a non-metal while graphite has some of those of a metal ; why is then tin classified as a metal and graphite as a non-metal ?

[ধাতুর সহিত অ-ধাতুর তুলনা কর। কতকগুলি ধর্মে টিন অ-ধাতুর ন্যায় এবং গ্রাফাইট ধাতুর ন্যায় আচরণ করে ; তথাপি টিনকে ধাতু এবং গ্রাফাইটকে অ-ধাতু হিসাবে বিবেচনা করা হয় কেন ?]

6. Classify, giving reasons, the following changes as chemical or physical :

[নিম্নলিখিত পরিবর্তনগুলির কোন্‌টি রাসায়নিক এবং কোন্‌টি ভৌত তাহা যুক্তি দ্বারা বুঝাইয়া দাও :—]

(a) a piece of platinum becomes white hot on heating and emits light ; (b) red oxide of mercury, if heated the colour changes to black ; (c) dissolution of suger in a cup of tea ; (d) sending electric current through fused common salt and (e) a piece of iron nail rusts on exposure to air.

Sample questions for informal objective type test

A. Alternate response type

(i) *Put a T against a correct statement and a F against a wrong ane.*

(a) Heterogeneous substance must be a mixture. —

(b) Mixture is always heterogeneous. —

(c) In a mixture the components may be present in any proportion by weight. —

(d) Oxides of non-metal are basic in nature. —

(ii) *Say Yes or No.*

(a) Does the melting point of a solid depend on pressure ? —

(b) Does a gaseous substance possess a definite shape and volume ? —

(c) Is there any element which possesses some of the properties of both metals and non-metals ? —

B. Recall type.

[Write down an appropriate word on the right hand side against each of the following sentences in the space marked with a dash (—) for filling up the gaps.] —

(i) That which cannot be split up into similar substances is called an —. —

(ii) A — substance is that every part of which has one and the same composition. —

(iii) A change, which does not involve any change in composition of the changing substance is referred to a — change.

C. Strike off the irrelevant portion to give a complete correct statement.

(i) Water is a *compound/mixture* of hydrogen and oxygen.

(ii) Antimony is a *metal/metalloid/non-metal.*

(iii) Milk is a *homogeneous/heterogeneous* substance.

(iv) A gas possesses a definite *shape/volume/weight*.

D. Pick out suitable words from column II to fill in the gaps in column I.

Column I	Column II
(i) A liquid has a definite — and weight. (ii) Pure substance is always —. (iii) Muddy water is — in nature. (iv) Air is a —. (v) Water, common salt, sulphur dioxide are some of the well-known —. (vi) Oxygen, nitrogen, chlorine are some of the well-known —. (vii) The classification of elements into metals and non-metals is an — one.	elements, mixture, homogeneous, volume, heterogeneous, arbitrary, compounds.

চতুর্থ অধ্যায়

বায়ু (Air)

ভূপৃষ্ঠ একটি গ্যাসীয় স্তর দ্বারা পরিবৃত। বিজ্ঞানীদের মতে ভূপৃষ্ঠের উপরে 700—800 মাইল পর্যন্ত এই স্তর বিস্তৃত এবং ইহাকে আমরা বায়ুমণ্ডল (atmosphere) বলি। বায়ু বর্ণহীন (গন্ধহীন) গ্যাসীয় পদার্থ; কাজেই ইহাকে আমরা দেখিতে পাই না। কিন্তু বায়ু প্রবাহিত হইলে ইহার অস্তিত্ব আমরা বুঝিতে পারি। প্রাচীন পণ্ডিতগণ বায়ুকে মৌলিক পদার্থ বলিয়া মনে করিতেন। কিন্তু 1774 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী প্রিস্টলী ও সিলে বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব আবিষ্কার করেন এবং 1775 খ্রীষ্টাব্দে ল্যাভয়সিয়ার প্রমাণ করেন যে বায়ু অন্ততঃ দুইটি পদার্থের মিশ্রণ, যাহার একটি দহন ও শ্বাসকার্যের সহায়ক এবং অপরটি দহন ও শ্বাসকার্যে সহায়তা করে না।

বায়ু প্রধানতঃ অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণ। ইহাতে স্বল্প পরিমাণে জলীয় বাষ্প, কার্বন ডাই-অক্সাইড ও নিষ্ক্রিয় গ্যাস বর্তমান। যেহেতু বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ, ইহাতে উপাদানসমূহের অনুপাত সর্বদা এবং সর্বত্র এক থাকে না। আয়তন হিসাবে বায়ুতে উহার উপাদানসমূহের শতকরা সংযুতি (percentage composition) মোটামুটি নিম্নরূপ :—

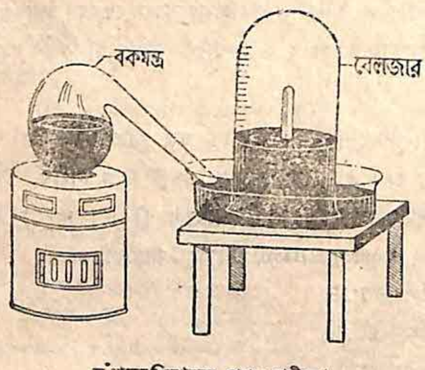
নাইট্রোজেন—77·15
অক্সিজেন—20·60
জলীয় বাষ্প—1·40
আর্গন ইত্যাদি নিষ্ক্রিয় গ্যাস—0·80
কার্বন ডাই-অক্সাইড—0·04
99·99

ইহা ছাড়া, বায়ুতে অতি অল্প পরিমাণ নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প, অ্যামোনিয়া, ওজোন, সালফার ডাই-অক্সাইড এবং সূক্ষ্ম ধূলিকণা বিদ্যমান।

4-1. বায়ুর সংযুতি সম্পর্কে ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষা

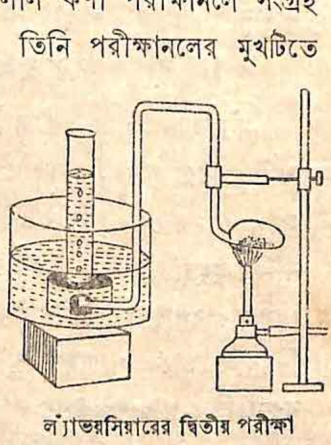
ল্যাভয়সিয়ার 4 আউন্স বিশুদ্ধ পারদ একটি লম্বা-গলা বকযন্ত্রে (retort) ভর্তি করিয়া লইলেন। বকযন্ত্রের বাঁকা লম্বা গলাটি অন্য একটি পাত্রস্থিত পারদের মধ্যে এমনভাবে প্রবেশ করাইলেন যেন উহার মুখটি পারদের মধ্য দিয়া খানিকটা বাহির হইয়া থাকে। এইবার পাত্রস্থ পারদের উপর তিনি একটি অংশাঙ্কিত বেলজার বসাইয়া রেটর্টের উর্ধ্বমুখী গলাটি ঢাকিয়া দেন। অতঃপর বকযন্ত্রটি নিরবচ্ছিন্নভাবে পারদের স্ফুটনাঙ্কের কাছাকাছি উত্তপ্ত করিতে লাগিলেন। বকযন্ত্রস্থিত পারদের উপর লাল কণা ভাসিতে লাগিল এবং বেলজারের ভিতর পারদের পরিমাণ বৃদ্ধি পাইতে লাগিল অর্থাৎ বেলজারস্থিত বায়ুর পরিমাণ কমিতে

লাগিল। বার দিন এইভাবে উত্তপ্ত করিবার পর যখন তিনি দেখিলেন যে পারদ আর উপরে উঠিল না—বেলজারের ভিতর খানিকটা উঠিয়া একস্থানে স্থির হইয়া রহিল (অর্থাৎ, বেলজারস্থিত বায়ুর পরিমাণ আর কমিল না) এবং বকযন্ত্রস্থিত লাল কণার পরিমাণও আর বৃদ্ধি পাইল না, তখন তিনি তাপ প্রয়োগ করা বন্ধ করিলেন। ইহার পর তিনি বকযন্ত্রটি ঠাণ্ডা করিলেন এবং দেখিলেন যে বেলজারের ভিতর আবদ্ধ বায়ুর $\frac{4}{5}$ অংশ মাত্র অবশিষ্ট রহিয়াছে অর্থাৎ $\frac{1}{5}$ অংশ বায়ু কমিয়া গিয়াছে। এই অবশিষ্ট বায়ুর ভিতর তিনি একটি প্রজলিত শলাকা প্রবেশ করাইলেন—শলাকাটি তৎক্ষণাৎ নিভিয়া গেল। ইহার মধ্যে একটি জীবন্ত ইঁদুর রাখিয়া দেখিলেন যে—ইঁদুরটিও দম বন্ধ হইয়া মরিয়া গেল। এই পরীক্ষা হইতে ল্যাঁভয়সিয়ার সিদ্ধান্ত করিলেন যে বায়ু দুইটি উপাদানে গঠিত। একটি উত্তপ্ত-পারদ দ্বারা শোষিত হয় এবং অন্যটি দহনের বা শ্বাসকার্যের সহায়ক নহে। তিনি বেলজারের অবশিষ্ট বায়ুর নাম দিলেন নিষ্প্রাণ বায়ু বা "অ্যাজোট"। পরে এই অ্যাজোটের নাম পরিবর্তন করিয়া উহার নাম দেওয়া হয় নাইট্রোজেন।



ল্যাঁভয়সিয়ারের প্রথম পরীক্ষা

ইহার পর ল্যাঁভয়সিয়ার বকযন্ত্রে উৎপন্ন লাল কণা পরীক্ষানলে সংগ্রহ করিয়া দ্বিতীয় পর্যায়ের পরীক্ষা সুরু করেন। তিনি পরীক্ষানলের মুখটিতে একটি বাঁকান নির্গম নল জুড়িয়া দিলেন। নির্গম-নলটির অপর প্রান্ত গ্যাসদ্রোণীর জলের উপর উপুড় করা জলপূর্ণ গ্যাসজারের ভিতর প্রবেশ করাইয়া দিলেন। অতঃপর পরীক্ষানলটি প্রথমে ধীরে ধীরে এবং শেষে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলেন। একটি বর্ণহীন গ্যাস জলকে অপসারিত করিয়া গ্যাসজারে সঞ্চিত হইল এবং লাল পদার্থটি উজ্জ্বল পারদে পরিণত হইল। ল্যাঁভয়সিয়ার পরীক্ষা করিয়া দেখিলেন প্রথম পরীক্ষায় যে পরিমাণ


ল্যাঁভয়সিয়ারের দ্বিতীয় পরীক্ষা

বায়ু বেলজার হইতে অন্তর্হিত হইয়াছে, দ্বিতীয় পরীক্ষায় ঠিক সেই পরিমাণ গ্যাস গ্যাসজারে সঞ্চিত হইয়াছে। উৎপন্ন গ্যাসে শিখাহীন একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে উহা উজ্জ্বল প্রভায় জ্বলিয়া ওঠে এবং প্রাণীদের শ্বাস-কার্যেও এই গ্যাস সহায়তা করে। ল্যাঁভয়সিয়ার এই গ্যাসকে অক্সিজেন নামে অভিহিত করেন। দহন ও শ্বাসকার্যের সহায়ক এই গ্যাসের সহিত উপরি-উক্ত নাইট্রোজেন মিশ্রিত করিয়া ল্যাঁভয়সিয়ার দেখিলেন যে উৎপন্ন মিশ্রণের সহিত সাধারণ বায়ুর কোন প্রভেদ নাই। এই পরীক্ষা হইতে ল্যাঁভয়সিয়ার সিদ্ধান্ত করেন যে, বায়ুতে অক্সিজেন বর্তমান এবং পাঁচ ভাগ আয়তনের বায়ুর মধ্যে অক্সিজেনের পরিমাণ হইল এক ভাগ।

4-2. বায়ু একটি মিশ্রণ ; যৌগিক পদার্থ নহে

বায়ুর প্রধান উপাদান নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন। বায়ু যৌগিক পদার্থ নহে—ইহা যে একটি মিশ্র পদার্থ তাহা নানা যুক্তি দ্বারা প্রমাণ করা যাইতে পারে। এই বিষয়ে নিম্নলিখিত যুক্তিগুলি বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

(a) যে কোন যৌগিক পদার্থে উহার উপাদানগুলির তৌলিক অনুপাত সর্বদাই নির্দিষ্ট এবং কখনও ইহার ব্যতিক্রম ঘটে না। কিন্তু বিভিন্ন স্থানের এবং বিভিন্ন সময়ের বায়ু পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে উহার উপাদানগুলির (নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন) অনুপাত এক নয়। বায়ু যদি যৌগিক পদার্থ হইত তাহা হইলে উহার উপাদানগুলির অনুপাতের সামান্যতম পার্থক্যও দেখা যাইত না।

(b) বায়ুতে যে অনুপাতে নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন আছে ঠিক সেই অনুপাতে নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন মিশ্রিত করিলে বায়ু তৈরী হয়, কিন্তু ইহাতে তাপের বা আয়তনের কোন তারতম্য ঘটে না। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় তাপের তারতম্য ঘটিবেই এবং সময়ে সময়ে আয়তনেরও পরিবর্তন ঘটিয়া থাকে।

(c) প্রত্যেক যৌগিক পদার্থে উহার উপাদানগুলি উহাদের পারমাণবিক গুরুত্বের (বা উহার কোন সরল গুণিতকের) অনুপাতে বর্তমান থাকে। কিন্তু বায়ু পরীক্ষা করিলে দেখা যায় যে বায়ুতে উহার উপাদানগুলি, উহাদের পারমাণবিক গুরুত্বের বা কোন সরল গুণিতকের অনুপাতে বর্তমান নাই।

(d) যে কোন যৌগিক পদার্থের ধর্ম উহার উপাদানগুলির ধর্ম হইতে পৃথক্। কিন্তু বায়ুতে নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন উভয়ের ধর্ম পুরাপুরি প্রকাশ পায়।

(e) বায়ু যদি যৌগিক পদার্থ হয় তাহা হইলে বায়ুতে অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের শতকরা তৌলিক সংযুতি হইতে এই সিদ্ধান্তে উপনীত হইতে হয় যে, বায়ুর আণবিক সংকেত হওয়া উচিত $N_{11}O_4$ (অথবা উহার কোন গুণিতক)। অতএব অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী বায়ুর ঘনত্ব হইবে 137 ; কিন্তু বায়ু যদি 4-আয়তন নাইট্রোজেন এবং 1-আয়তন অক্সিজেনের মিশ্রণ হয় তাহা হইলে বায়ুর ঘনত্ব হইবে 14·4 এবং প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায় যে, বায়ুর ঘনত্ব হইল 14·4। সুতরাং বায়ু অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের সাধারণ মিশ্রণ মাত্র।

(f) বায়ুর উপাদানগুলি **অতি সহজেই** আংশিকভাবে পৃথক্ করা যায়।

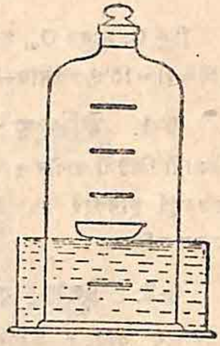
(i) বায়ুকে শীতল করিয়া অত্যধিক চাপ প্রয়োগ করিলে বায়ু তরলে পরিণত হয়। এই তরলকে আংশিক পাতন করিলে উদ্বায়ী নাইট্রোজেন প্রথমে বাষ্পীভূত হইয়া পৃথক্ হইয়া যায়। বায়ু যদি যৌগিক পদার্থ হইত তবে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সমস্ত তরলটুকু বাষ্পীভূত হইত।

(ii) ছিদ্রযুক্ত এক পর্সেলিনের নলের ভিতর দিয়া বায়ুর ব্যাপন (diffusion) ঘটাইলে অক্সিজেনের তুলনায় নাইট্রোজেন অপেক্ষাকৃত দ্রুত বাহির হইয়া আসে। বায়ুতে নাইট্রোজেন যে পরিমাণে বর্তমান, নির্গত গ্যাসে নাইট্রোজেনের পরিমাণ তাহা অপেক্ষা বেশী। বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে উপাদান দুইটির এইভাবে আংশিক পৃথকীকরণও সম্ভব হইত না। অর্থাৎ সাধারণ বায়ু এবং নির্গত গ্যাস একই প্রকার সংযুতিবিশিষ্ট হইত।

(iii) জলে দ্রবীভূত বায়ুকে উত্তপ্ত করিলে যে বায়ু নির্গত হয় তাহাতে অক্সিজেনের পরিমাণ সাধারণ বায়ুতে যে পরিমাণে অক্সিজেন থাকে তাহা অপেক্ষা বেশী। বায়ু যদি যৌগিক পদার্থ হইত তবে দ্রবীভূত বায়ু এবং সাধারণ বায়ুর উপাদানের অনুপাতের বৈষম্য এইভাবে ঘটান সম্ভব হইত না।

4-3. বায়ুর আয়তন সংযুতি—বেলজার পরীক্ষা (Volumetric composition of air—Belljar experiment) : একটি পর্সেলিনের মুছিতে খানিকটা সাদা ফস্‌ফরাস লও এবং মুছিটি জলে ভাসাও। এখন একটি অংশাঙ্কিত বেলজারকে জলের উপর উপুড় করিয়া বসাও যাহাতে মুছিটি বেলজারের ভিতরই থাকে। বেলজারের ছিপি খুলিয়া একটি উত্তপ্ত শলাকা দ্বারা ফস্‌ফরাসে আগুন লাগাইয়া দাও এবং বেলজারের ছিপি তৎক্ষণাৎ বায়ুনিরন্ধ্র করিয়া আঁটিয়া দাও। ফস্‌ফরাস খানিকক্ষণ জলিয়া

নিভিয়া যাইবে। বেলজারের ভিতরে জলের তল ধীরে ধীরে উপরে উঠিতে থাকিবে এবং খানিকটা উঠিয়া আর উঠিবে না। এইবার অবশিষ্ট বায়ুর আয়তন লক্ষ্য করিলে দেখিতে পাইবে যে বায়ুর এক-পঞ্চমাংশ অন্তর্হিত হইয়াছে। ফস্‌ফরাস বায়ুর অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া যে গ্যাস উৎপন্ন করে তাহা জলে দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং জল এক-পঞ্চমাংশ স্থান অধিকার করে। সুতরাং **বায়ুর এক-পঞ্চমাংশ** হইল অক্সিজেন। বেলজারে বায়ুর যে অবশিষ্ট অংশ রহিয়াছে তাহার কোন দহন ক্ষমতা নাই বলিয়া ফস্‌ফরাস নিভিয়া গিয়াছে। এই অবশিষ্ট গ্যাস উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম দ্বারা বিশোষিত হয় এবং ইহা শ্বাসকার্যের সহায়তা করে না। সুতরাং, অবশিষ্ট গ্যাস নাইট্রোজেন।



ফস্‌ফরাসের দহনের সাহায্যে বায়ুর আয়তন-সংযুতির পরীক্ষা

এই পরীক্ষা হইতে ইহা প্রমাণিত হয় যে বায়ুতে মোটামুটি একভাগ আয়তনের অক্সিজেন এবং চার ভাগ আয়তনের নাইট্রোজেন বর্তমান।

Questions

1. What are the normal constituents of atmosphere? Mention the average percentage composition of air by volume.

[বায়ুর সাধারণ উপাদানগুলি কি কি? আয়তন হিসাবে বায়ুর উপাদানসমূহের শতকরা পরিমাণ উল্লেখ কর।]

2. Describe Lavoisier's experiment about the composition of air.
[বায়ুর সংযুতি সম্পর্কে ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষা বর্ণনা কর।]

3. Prove that air is a mechanical mixture and not a chemical compound.
[প্রমাণ কর যে,বায়ু একটি মিশ্রণ, যৌগিক পদার্থ নহে।]

4. Describe belljar experiment on the volumetric composition of air.
[বায়ুর আয়তন-সংযুতি সম্পর্কে বেলজার পরীক্ষা বর্ণনা কর।]

5. Show that in air nitrogen and oxygen are persent in the ratio of 4 : 1 by volume.
[দেখাও যে—বায়ুতে আয়তন হিসাবে চারভাগ নাইট্রোজেন এবং একভাগ অক্সিজেন বর্তমান।]

6. Describe one experiment in each case to prove that (i) air is a mixture and (ii) oxygen and nitrogen are present in air in the ratio of approximately 1 : 4 by volume.

[প্রতিক্ষেত্রে একটি করিয়া পরীক্ষা বর্ণনা করিয়া প্রমাণ কর যে, (i) বায়ু একটি মিশ্রণ এবং (ii) বায়ুতে আয়তন হিসাবে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন 1 : 4 অনুপাতে বর্তমান।]

পঞ্চম অধ্যায়

অক্সিজেন (Oxygen)

চিহ্ন O, সঙ্কেত O_2, পরমাণু ক্রমাঙ্ক 8, পারমাণবিক গুরুত্ব 16·000 (সংজ্ঞা অনুযায়ী), ঘনত্ব (H=1)=15·9, গলনাঙ্ক—219°, স্ফুটনাঙ্ক—183°।

5-1. ইতিবৃত্ত : 1772 খ্রীষ্টাব্দে সুইডিস-বিজ্ঞানী সিলে এবং 1774 খ্রীষ্টাব্দে ব্রিটিশ বিজ্ঞানী প্রিষ্টলী স্বাধীন ও স্বতন্ত্রভাবে আবিষ্কার করেন অক্সিজেন। দহনে এবং শ্বাস-প্রশ্বাসে ইহার গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকার কথা উল্লেখ করেন ফরাসী বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার। তিনিই ইহার নামকরণ করেন অক্সিজেন।

5-2. উৎস : বায়ুতে অক্সিজেন মুক্ত অবস্থায় বর্তমান। ওজন ও আয়তন হিসাবে বায়ুতে ইহার পরিমাণ যথাক্রমে 23% এবং 21%। প্রকৃতিতে মৌলসমূহের মধ্যে অক্সিজেনের পরিমাণ সর্বাধিক। যৌগ হিসাবে ইহা জল, শিলা (rocks), উদ্ভিদ্ ইত্যাদিতে বর্তমান। ওজন হিসাবে ভূ-ত্বকের প্রায় শতকরা 50 ভাগই অক্সিজেন।

5-3. প্রস্তুতি : অক্সিজেন প্রস্তুতির জন্য সাধারণত তিন প্রকারের পদার্থ ব্যবহৃত হইয়া থাকে—(i) অক্সিজেনসমৃদ্ধ যৌগ, (ii) জল ও (iii) বায়ু। কিন্তু পাঠ্যক্রম অনুযায়ী নিম্নে কেবল প্রথম শ্রেণীর পদার্থ হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতির দুইটি পদ্ধতি বর্ণনা করা হইল।

(1) (a) **রসায়নাগার পদ্ধতি** (Laboratory process)

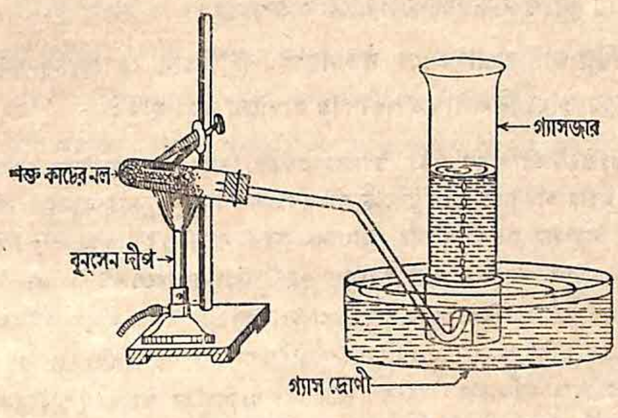
নীতি : রসায়নাগারে পটাসিয়াম ক্লোরেট এবং ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ একটি পরীক্ষানলে উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয়। বিক্রিয়াটি ঘটে নিম্নরূপ :

$$2KClO_3\ [+MnO_2] = 2KCl\ [+MnO_2] + 3O_2$$

ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড পটাসিয়াম ক্লোরেটের বিযোজন ত্বরান্বিত করে। এই বিক্রিয়ায় ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ বা গঠন-সংযুতির বা ধর্মের কোন পরিবর্তন ঘটে না, ইহা প্রভাবক (catalyst) হিসাবে কাজ করিয়া থাকে।

পদ্ধতি : চারভাগ পটাসিয়াম ক্লোরেট এবং একভাগ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ দ্বারা কাচের একটি শক্ত পরীক্ষানলের অর্ধেক ভর্তি কর। পরীক্ষানলটি সামান্য একটু নিম্নাভিমুখী করিয়া একটি দণ্ডের সহিত বন্ধনীর

সাহায্যে আঁটিয়া দাও। পরীক্ষানলটির মুখের সহিত কর্কের ভিতর দিয়া একটি বাঁকান সরু নির্গম নল জুড়িয়া দাও; নির্গম-নলের অপর প্রান্ত গ্যাস-দ্রোণীর



রসায়নাগারে অক্সিজেন প্রস্তুতি

জলের ভিতর ডুবাইয়া রাখ এবং উহার উপর একটি সচ্ছিদ্র চাক্‌তি (bee-hive shelf) বসাও। এইবার পরীক্ষানলটি ধীরে ধীরে সমানভাবে উত্তপ্ত কর। কিছু গ্যাস বাহির হইয়া গেলে জলপূর্ণ গ্যাসজারের মুখে একটি ঢাকনা দিয়া গ্যাসজারটি উপুড় করিয়া চাক্‌তির উপর রাখ এবং ঢাকনা সরাইয়া লও। গ্যাসজার ভর্তি হইয়া গেলে উহার মুখে ঢাক্‌না আঁটিয়া দিয়া গ্যাসপূর্ণ জার জলের বাহিরে আন। রসায়নাগারে পরীক্ষার জন্য এইভাবে কয়েকটি গ্যাসজার অক্সিজেন দ্বারা পূর্ণ কর।

পরীক্ষার সতর্কতা ঃ এই পদ্ধতিতে অক্সিজেন প্রস্তুত করিতে কয়েকটি বিষয়ে বিশেষ সতর্কতার প্রয়োজন—(i) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড বিশেষভাবে বিশুদ্ধ হওয়া প্রয়োজন। কারণ, কার্বন চূর্ণ বা অ্যান্টিমনি সালফাইড যদি ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডে থাকে তাহা হইলে এই ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সহিত পটাসিয়াম ক্লোরেট মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিবার সময় প্রচণ্ড বিস্ফোরণ ঘটে। সুতরাং প্রস্তুতি আরম্ভ করিবার পূর্বে মিশ্রণটির অল্প একটু লইয়া উত্তপ্ত করিয়া দেখা প্রয়োজন যে, কোন বিস্ফোরণ ঘটে কি না। (ii) পরীক্ষানলটির মুখ একটু নিম্নাভিমুখী করিয়া রাখিতে হইবে। (iii) পরীক্ষানলটি ধীরে ধীরে ও সমভাবে উত্তপ্ত করিতে হইবে। (iv) পরীক্ষানলস্থিত মিশ্রণ হইতে গ্যাস বাহির হইবার স্থান থাকা প্রয়োজন। (v) গ্যাস সংগ্রহ করা শেষ হইলে লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে নির্গম-নলটির মুখ যেন দ্রোণীর জলের উপরে থাকে।

ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের ভূমিকাঃ পূর্বেই বলা হইয়াছে যে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড পটাসিয়াম ক্লোরেটের বিযোজন ত্বরান্বিত করে এবং নিজে ওজনে ও গঠনে অপরিবর্তিত থাকে অর্থাৎ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড এই বিক্রিয়ায় ধনাত্মক অনুঘটক হিসাবে কাজ করে।

ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড যে সত্যসত্যই পটাসিয়াম ক্লোরেটের বিযোজন ত্বরান্বিত করে তাহা নিম্নলিখিত পরীক্ষার সাহায্যে বুঝা যায় :—

শক্ত কাচের দুইটি পরীক্ষানল লও। উহাদের একটির ভিতর শুধু পটাসিয়াম ক্লোরেট এবং অপরটির ভিতর চার ভাগ পটাসিয়াম ক্লোরেট এবং একভাগ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড সঠিকভাবে ওজন করিয়া মিশাইয়া লও। এইবার পরীক্ষানল দুইটি স্যাণ্ড ট্রে'র (sand-tray) অভ্যন্তরস্থ বালির ভিতর বসাও এবং উহাতে তাপ প্রয়োগ কর। যে পরীক্ষানলে পটাসিয়াম ক্লোরেট এবং ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ আছে, দেখিবে সেই পরীক্ষানল হইতেই প্রথমে অক্সিজেন নির্গত হয়। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড পটাসিয়াম ক্লোরেটের বিযোজন ত্বরান্বিত করে। এই বিক্রিয়ায় ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের ভর বা সংযুতির কোনরকম পরিবর্তন হয় না। ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড যে অপরিবর্তিত থাকে তাহা নিম্নলিখিত পরীক্ষাদ্বারা বুঝা যায়।

যে-পরীক্ষানলে মিশ্রণ আছে সেই পরীক্ষানলটি ততক্ষণ পর্যন্ত উত্তপ্ত কর, যতক্ষণ পর্যন্ত অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। এইবার পরীক্ষানলটি ঠাণ্ডা কর এবং উহার ভিতর অবশেষকে জলের সহিত মিশ্রিত করিয়া গরম কর। পটাসিয়াম ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত হইবে কিন্তু ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড পড়িয়া থাকিবে।

ফিল্টার কাগজের সাহায্যে পরিস্রাবণ কর। পরিস্রুতে সিলভার নাইট্রেট ঢালিলে, সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। ইহা হইতে বুঝা যায় পরিস্রুতে ক্লোরাইড আছে। ফিল্টার কাগজের উপর যাহা পড়িয়া থাকে উহাকে শুষ্ক করিয়া ওজন করিলে দেখিবে যে যতটুকু ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড লওয়া হইয়াছিল তাহাই পড়িয়া আছে। চারগুণ পটাসিয়াম ক্লোরেট পুনরায় এই ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় এবং সমপরিমাণ (যতটুকু লওয়া হইয়াছিল) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড পড়িয়া থাকে।

(1) (b) মারকিউরিক অক্সাইড হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতি

নীতিঃ মারকিউরিক অক্সাইডকে উত্তপ্ত করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া মারকারিতে পরিণত হয় এবং অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হয়।

$$2HgO = 2Hg + O_2$$

পদ্ধতিঃ কাচের একটি শক্ত পরীক্ষানলে খানিকটা মারকিউরিক অক্সাইড লও। পরীক্ষানলটির মুখের সহিত কর্কের সাহায্যে একটি বাঁকান নির্গম নল জুড়িয়া দাও। পরীক্ষানলটির মুখ একটু নিম্নাভিমুখী করিয়া উহাকে

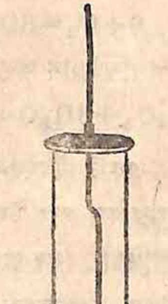
একটি দণ্ডের (stand) সহিত আটকাইয়া রাখ। অতঃপর নির্গম-নলটির অপর মুখটি একটি গ্যাস-দ্রোণীর জলের ভিতর ডুবাইয়া রাখ। এইভাবে পরীক্ষাযন্ত্র সাজাইয়া পরীক্ষানলটিকে অতি সতর্কতার সহিত উত্তপ্ত কর এবং লক্ষ্য কর নির্গম-নলটির যে প্রান্ত জলের ভিতর ডুবানো আছে সেই প্রান্ত দিয়া কোন বুদ্‌বুদ্‌ বাহির হয় কি-না। বুদ্‌বুদ্‌নে শুরু হইলে কিছুক্ষণ অপেক্ষা কর যাহাতে খানিকটা গ্যাস বাহির হইয়া যায়। এইবার পূর্ববর্ণিত (রসায়নাগার পদ্ধতি) পন্থায় জলের অপসারণ দ্বারা নির্গত অক্সিজেনকে গ্যাসজারে সংগ্রহ কর।

5-4. অক্সিজেনের ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ অক্সিজেন স্বাদহীন, বর্ণহীন এবং গন্ধহীন গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা ঈষৎ ভারী এবং জলে স্বল্পপরিমাণে দ্রাব্য। ইহাকে শীতল করিয়া চাপ প্রয়োগে তরলে রূপান্তরিত করা যায়। তরল অক্সিজেনের স্ফুটনাঙ্ক—183°C এবং হিমাঙ্ক—219°C।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ অক্সিজেন দহনের সহায়ক কিন্তু নিজে অদাহ্য।

পরীক্ষা ঃ একটি শলাকা জালাও এবং উহাকে ফুঁ দিয়া নিভাইয়া দাও। এইবার শলাকাটি লালাভ থাকিতে থাকিতে অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারের ভিতর প্রবেশ করাইয়া দাও। শলাকাটি আবার উজ্জ্বল শিখায় জলিয়া উঠিবে।



উজ্জ্বলন চামচে পরীক্ষা

অক্সিজেনের রাসায়নিক সক্রিয়তা খুব বেশী। প্রায় প্রতিটি মৌলিক পদার্থের সহিত (সোনা, রূপা, প্লাটিনাম প্রভৃতি ধাতু, এবং হিলিয়াম, নিয়ন প্রভৃতি কয়েকটি অ-ধাতু ব্যতীত) প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত হইয়া অক্সিজেন যৌগিক পদার্থ গঠন করিতে পারে। অনেকক্ষেত্রে এই সংযোগের ফলে তাপ ও আলোর সৃষ্টি হয়। এক টুকরা কাঠ-কয়লা ও একটি উজ্জ্বলন-চামচে লও এবং উহাকে উত্তপ্ত কর। যখন উহা লালাভ হইয়া আসিবে তখন উহাকে চামচ সহ অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে নামাইয়া দাও। দেখিবে যে কাঠকয়লা উজ্জ্বলভাবে জলিয়া উঠিবে।

(i) এই জারের মধ্যে খানিকটা জল ঢাল এবং জারটিকে ঝাঁকাইয়া জারের

ভিতরকার গ্যাস জলের সহিত ভাল করিয়া মিশাও। এই দ্রবণ নীল লিটমাস কাগজদ্বারা পরীক্ষা কর, দেখিবে নীল লিটমাস লাল হইয়া যাইবে। (ii) জারের ভিতর খানিকটা স্বচ্ছ চুন-জল ঢাল। চুন-জল সাদা ও ঘোলাটে হইয়া যাইবে। কার্বন অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং এই কার্বন ডাই-অক্সাইড জল দিয়া নাড়িলে কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চুনের জলের সহিত বিক্রিয়ায় অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করে এবং এইজন্য জল ঘোলা হয়।

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O.$$

ঠিক পূর্বের মত উজ্জ্বলন চামচে ফস্‌ফরাস এবং সালফার উত্তপ্ত করিয়া পৃথক্ পৃথক্‌ভাবে অক্সিজেনপূর্ণ জারের ভিতর নামাইয়া দাও। সালফার নীলাভ শিখার সহিত জলিয়া উঠিবে এবং ফস্‌ফরাস দপ্ করিয়া জলিয়া উঠিয়া প্রচুর ধোঁয়ার সৃষ্টি করিবে। উভয়ক্ষেত্রেই মৌলগুলি উহাদের অক্সাইডে পরিণত হয় এবং এই সকল অক্সাইড অম্লজাতীয় বলিয়া জলের সহিত ইহাদের মিলনে বিভিন্ন অ্যাসিডের সৃষ্টি হয় এবং নীল লিটমাস দিয়া পরীক্ষা করিলে দেখিবে নীল লিটমাস লাল হইয়া গিয়াছে।

$S + O_2 = SO_2$ (সালফার ডাই-অক্সাইড); $H_2O + SO_2 = H_2SO_3$ (সালফিউরাস অ্যাসিড)। $4P + 5O_2 = 2P_2O_5$ (ফসফরাস পেণ্টক্সাইড)। $P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$ (অর্থোফস্‌ফোরিক অ্যাসিড)।

একটি উজ্জ্বলন চামচে এক টুকরা সোডিয়াম লইয়া উহাকে বুনসেন দীপে উত্তপ্ত কর এবং উহাকে চামচের সহিত অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে নামাইয়া দাও। সোডিয়াম হলুদ রং-এর আলো বিকীর্ণ করিয়া জ্বলিতে থাকিবে। সোডিয়াম পুড়িয়া সোডিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই সোডিয়াম অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় কষ্টিক সোডা উৎপন্ন করে; এই কষ্টিক সোডা একটি দ্রাব্য ক্ষার। ইহা লাল লিটমাসকে নীল করে।

$4Na + O_2 = Na_2O$; $2Na + O_2 = Na_2O_2$

$Na_2O + H_2O = 2NaOH$; $2Na_2O_2 + 2H_2O = 2NaOH + O_2$

একটি জলন্ত ম্যাগনেসিয়ামের তার অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাও। ম্যাগনেসিয়ামের তারটি উজ্জ্বলভাবে জলিতে থাকিবে এবং প্রখর আলোকরশ্মি বিকীর্ণ করিবে। ম্যাগনেসিয়াম জলিয়া ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে পরিণত হয়।

এই ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ভস্ম জলে দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন দ্রবণে ফিনল্‌থ্যালিন যোগ করিলে দ্রবণ লাল বর্ণ ধারণ করে।

$$2Mg + O_2 = 2MgO \; ; \; MgO + H_2O = Mg(OH)_2$$

একটি অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারের তলায় খানিকটা বালি রাখ। এইবার একটি লোহার তারে তরল গন্ধকের প্রলেপ দিয়া আগুন ধরাইয়া দাও এবং উহাকে অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাও। দেখিবে লোহা জলিতে থাকিবে এবং ফুলঝুরির আকারে কতকগুলি শুভ্র কণা গ্যাসজারের ভিতর বিক্ষিপ্ত হইতেছে। এই পরীক্ষায় লোহা উহার অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$$

5-5. **অক্সিজেনের ব্যবহার :** (i) ডুবুরীদের, বিমান চালকদের এবং রুগ্ন ব্যক্তিদের শ্বাসগ্রহণের জন্য অক্সিজেনের প্রয়োজন হয়।

(ii) অক্সি-হাইড্রোজেন, অক্সি-অ্যাসিটিলীন এবং চুনের আলো উৎপন্ন করিতে অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়। অক্সি-হাইড্রোজেন এবং অক্সি-অ্যাসিটিলীন শিখার উষ্ণতা যথাক্রমে প্রায় 2800°C এবং 3200°C। বিভিন্ন ধাতু গলাইতে এবং বিভিন্ন ধাতুর পাত জুড়িতে এই সকল শিখা ব্যবহৃত হয়।

(iii) সালফিউরিক এবং নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতেও বহুল পরিমাণে অক্সিজেনের প্রয়োজন হয়।

5-6. **অক্সাইডের শ্রেণীবিভাগ** (Classification of oxides) : অক্সিজেনের সহিত অন্য কোন মৌলিক পদার্থ যুক্ত হইয়া যে-যৌগ গঠিত হয় তাহাকে অক্সাইড বলে। সুতরাং অক্সাইডকে অক্সিজেনের দ্বিযৌগ (binary compound) বলা যাইতে পারে। অক্সাইডসমূহকে উহাদের ধর্ম অনুযায়ী সাধারণত ছয়টি শ্রেণীতে ভাগ করা যাইতে পারে :—আম্লিক (acidic) ক্ষারকীয় (basic), প্রশম (neutral), উভধর্মী (amphoteric), পার-অক্সাইড (per-oxide) এবং যুগ্ম (mixed) অক্সাইড।

কিন্তু নিম্নে পাঠ্যক্রম অনুযায়ী মাত্র তিনটি শ্রেণীর আলোচনা করা হইল।

(a) **আম্লিক অক্সাইড** বা **নিরুদক** (Acidic Oxide or Anhydride) : ইহারা সাধারণত অ-ধাতুর অক্সাইড এবং জলের সহিত বিক্রিয়ায় অম্ল (acid) উৎপন্ন করে। তাই ইহাদের জলীয় দ্রবণে অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায় এবং ইহা নীল লিটমাসকে লাল করে। আম্লিক অক্সাইড ক্ষারজাতীয়

পদার্থের সঙ্গে অতি সহজেই রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাইয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে। যেমন—কার্বন ডাই-অক্সাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড, ফসফরাস পেণ্টক্সাইড়—ইহারা আম্লিক অক্সাইড।

$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3 \; ; \; CO_2 + 2KOH = K_2CO_3 + H_2O$$

(b) **ক্ষারকীয় অক্সাইড** (Basic Oxide): ইহারা ধাতুর অক্সাইড এবং অ্যাসিডের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় লবণ ও জল গঠন করিয়া থাকে। ক্ষারক্ষীয় অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইলে ক্ষার উৎপন্ন হয়। ইহাদের সংস্পর্শে লাল লিটমাস নীল হয়। যেমন—সোডিয়াম অক্সাইড, ক্যালসিয়াম অক্সাইড প্রভৃতি।

$$Na_2O + 2HCl = 2NaCl + H_2O \; ; \; Na_2O + H_2O = 2NaOH$$

(c) **প্রশম অক্সাইড** (Neutral Oxide): কোন কোন অক্সাইডে আম্লিক বা ক্ষারকীয় কোন ধর্মই প্রকাশ পায় না এবং উহাদের দ্রবণ লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তনে অক্ষম। ইহাদের প্রশম অক্সাইড বলা হয়, যেমন—কার্বন মনোক্সাইড, নাইট্রিক অক্সাইড, জল প্রভৃতি।

5-7. অক্সাইডের প্রকৃতি নির্ণয়: প্রদত্ত কঠিন (solid) অক্সাইড-টির সামান্য অংশ একটি পরীক্ষানলে লইয়া উহার ভিতর খানিকটা জল ঢাল এবং পরীক্ষানলটি উত্তমরূপে ঝাঁকাও। অক্সাইডটি জলে দ্রবীভূত হইলে উৎপন্ন জলীয় দ্রবণ লিটমাসের (এবং ফিনল্‌থ্যালিনের) সাহায্যে পরীক্ষা কর। নীল লিটমাস লাল হইলে অক্সাইডটি আম্লিক আর লাল লিটমাস নীল হইলে অক্সাইডটি ক্ষারকীয়।

অক্সাইডটি জলে দ্রবীভূত না হইলে উহার অপর এক অংশ একটি পরীক্ষানলে লও। অতঃপর পরীক্ষানলের ভিতর লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অল্প পরিমাণে যোগ কর এবং প্রয়োজন হইলে পরীক্ষানলটি উত্তপ্ত কর। অক্সাইডটি অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইলে উহা ক্ষারকীয়।

অক্সাইডটি জলে এবং অ্যাসিডে দ্রবীভূত না হইলে কষ্টিক সোডার দ্রবণের সাহায্যে পরীক্ষা কর। অক্সাইডটি কষ্টিক সোডায় দ্রবণীয় হইলে উহা আম্লিক।

অক্সাইডটি যদি জলে অদ্রবণীয় কিন্তু ক্ষারক এবং অ্যাসিডে দ্রবণীয় হয়, তাহা হইলে উহা উভধর্মী।

5-8. অনুঘটন (Catalysis): সকল রাসায়নিক পরিবর্তন একটি নির্দিষ্ট বেগে সম্পন্ন হয়—কোনটির বেগ অতি মন্থর, কোনটির বা দ্রুত। এইরূপ

অনেক দেখা যায় যে কোন কোন পদার্থ অতি সামান্য পরিমাণে উপস্থিত থাকিয়া কোন কোন বিক্রিয়ার বেগকে প্রভাবিত করে। কিন্তু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এসকল পদার্থের ভর, গঠন, ধর্ম প্রভৃতির কোন পরিবর্তন হয় না। অর্থাৎ ইহারা শুধুমাত্র উপস্থিতির দ্বারাই বিক্রিয়ার বেগকে প্রভাবিত করে। এই ঘটনাকে **অনুঘটন** (catalysis) বলা হয় এবং যে পদার্থ কেবলমাত্র উপস্থিতি দ্বারা এইভাবে বিক্রিয়ার বেগকে প্রভাবিত করে তাহাকে **প্রভাবক** বা **অনুঘটক** (catalyst) বলে।

অনুঘটক প্রধানতঃ তিন প্রকার :—

(i) **ধনাত্মক অনুঘটক** (Positive Catalyst) **:** যে পদার্থ বিক্রিয়ার বেগ ত্বরান্বিত করে তাহাকে ধনাত্মক অনুঘটক বলে। ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড অল্প পরিমাণে পটাসিয়াম ক্লোরেটের সহিত মিশ্রিত করিলে, অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণতাতেই পটাসিয়াম ক্লোরেট বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে। সুতরাং পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতকরণে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ধনাত্মক অনুঘটক হিসাবে কাজ করে।

(ii) **ঋণাত্মক অনুঘটক** (Negative Catalyst) **:** যে পদার্থ রাসায়নিক বিক্রিয়ার বেগ মন্দীভূত করে তাহাকে ঋণাত্মক অনুঘটক বলে। ফসফোরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের স্বতঃবিযোজনে ঋণাত্মক অনুঘটক হিসাবে কাজ করে। কারণ ফসফোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিযোজন মন্দীভূত হয়।

(iii) **স্বয়ং অনুঘটক** (Auto Catalyst) **:** কোন কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় এমন পদার্থ উৎপন্ন হয় যাহা ঐ রাসায়নিক বিক্রিয়াকে প্রভাবিত করে। এই নূতন পদার্থকে স্বয়ং-অনুঘটক বলা হয়। সোডিয়াম বাইসাল-ফাইটের গাঢ় দ্রবণ পটাসিয়াম ক্লোরেটের কেলাসের সঙ্গে বিক্রিয়ায় একটু ক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। এই ক্লোরিক অ্যাসিড, বাইসালফাইটের সালফেটে পরিবর্তন ত্বরান্বিত করে।

5-9. দহন (Combustion) **:** তেল, কয়লা ইত্যাদি বায়ুতে বা অক্সিজেনে পুড়িয়া তাপ এবং আলোর সৃষ্টি করে। বায়ুতে বা অক্সিজেনে কোন পদার্থের এই দগ্ধ হওয়ার ঘটনাকে সাধারণত **দহন** (combustion) বলা হয়। অতএব, দহনের জন্য অক্সিজেনের প্রয়োজন এবং দহন ক্রিয়ায় অক্সিজেন

সংযোগ ঘটে বলিয়া দহন এক প্রকারের জারণ (oxidation) ক্রিয়া। কিন্তু অক্সিজেনের অবর্তমানেও দহনক্রিয়া সংঘটিত হইতে পারে। উদাহরণস্বরূপ—ফসফরাস, আর্সেনিক ইত্যাদি মৌল ক্লোরিন-সংস্পর্শে চঞ্চল ও আকস্মিক (flash) দীপ্তি সহকারে দগ্ধ হয়। অতএব, যে-কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া যাহাতে তাপ ও আলোর সৃষ্টি হয় তাহাকেই দহন বলে।

যদিও অক্সিজেন ব্যতিরেকে দহনক্রিয়া সংঘটিত হইতে পারে, তথাপি সাধারণভাবে দহনকে জারণ ক্রিয়া বলা হয়। কারণ ব্যাপক অর্থে জারণ হইল তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের সংযোগ।

কোন কোন জারণক্রিয়া এত আস্তে আস্তে সংঘটিত হয় যে ইহাতে কোন অগ্নিশিখা দেখা যায় না, যেমন—আর্দ্র লৌহচূর্ণ বায়ুতে রাখিয়া দিলে উহা আস্তে আস্তে জারিত হইয়া মরিচায় পরিণত হয়। এইরূপ জারণক্রিয়াকে **মৃতুদহন** (slow combustion) বলে। শ্বাস-প্রশ্বাস ক্রিয়া মৃদু দহনের প্রকৃষ্ট উদাহরণ।

'দহনশীল বা দাহ্য' (combustible) এবং 'দহনের সহায়ক' (supporter of combustion) নির্দিষ্ট অর্থের এই সংজ্ঞা তুইটি আপেক্ষিক। কারণ, দহনক্রিয়া ক্রিয়াশীল পদার্থসমূহের স্পর্শতলে (surface of contact) সংঘটিত হয়। বায়ুতে অর্থাৎ বায়ুর আবরণে কোল গ্যাস জ্বলে। সুতরাং কোল-গ্যাস দাহ্য পদার্থ এবং বায়ু দহনের সহায়ক। আবার উপযুক্ত ব্যবস্থার মাধ্যমে কোলগ্যাসের আবরণের ভিতর বায়ুকে জ্বালান যাইতে পারে এবং এক্ষেত্রে বায়ু দাহ্যপদার্থ ও কোলগ্যাস দহনের সহায়ক হিসাবে কাজ করে। সুতরাং কোন্‌টি দাহ্য এবং কোন্‌টিই বা দহনের সহায়ক তাহা পরীক্ষাকালীন অবস্থার উপর নির্ভরশীল।

Questions

1. Describe the laboratory method of preparation of oxygen. State its chief properties with experiments wherever possible.

[অক্সিজেন প্রস্তুতির রসায়নাগার পদ্ধতি বর্ণনা কর। অক্সিজেনের প্রধান প্রধান ধর্মগুলি পরীক্ষাসহ (যেখানে সম্ভব) বিবৃত কর।]

2. What are oxides ? Classify the oxides that you studied and give at least one example of each class.

[অক্সাইড কাহাকে বলে ? তোমার পরিচিত অক্সাইডগুলির শ্রেণীবিভাগ কর এবং প্রত্যেক শ্রেণীর অন্ততপক্ষে একটি করিয়া উদাহরণ দাও।]

8. Show that manganese dioxide acts as a catalyst in the perparation of oxygen from potassium chlorate.

[প্রমাণ কর যে, পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে অক্সিজেন প্রস্তুত করিতে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড অনুঘটক হিসাবে কাজ করে।]

4. How would you know whether a given solid oxide is acidic, basic or amphoteric ?

[কি করিয়া জানিবে যে প্রদত্ত কোন কঠিন অক্সাইড আম্লিক না ক্ষারকীয় না উভধর্মী ?]

5. What is catalysis. Explain and illustrate the term: positive catalyst, negative catalyst and auto catalyst.

[অনুঘটন বলিতে কি বুঝা যায়? ধনাত্মক অনুঘটক, ঋণাত্মক অনুঘটক এবং স্বয়ং অনুঘটক—এই তিনটি সংজ্ঞা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।]

6. Define and illustrate the term 'combustion' ? Is there any difference between combustion and oxidation ? What is slow combustion ?

[উদাহরণসহ দহনের সংজ্ঞা লিখ। জারণ এবং দহনের মধ্যে কোন পার্থক্য আছে কি ? মৃদুদহন বলিতে কি বুঝ ?]

ষষ্ঠ অধ্যায়

নাইট্রোজেন (Nitrogen)

চিহ্ন N, আণবিক সঙ্কেত N_2, পারমাণবিক গুরুত্ব = 14, পরমাণু ক্রমাঙ্ক (atomic number) 7, গলনাঙ্ক—209·8°C, স্ফুটনাঙ্ক—195·8°C। প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় প্রতি লিটার জলে 23·5 c.c. গ্যাস দ্রবীভূত হয়।

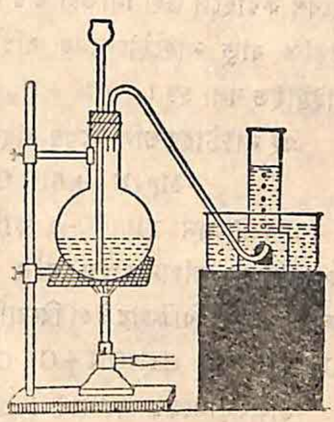
6-1. ইতিবৃত্ত : যদিও ড্যানিয়েল রাদারফোর্ডই সর্বপ্রথম নাইট্রোজেন আবিষ্কার করেন তথাপি ইহা স্বীকার করিতে হইবে যে ইহার প্রকৃত পরিচয় প্রদান করেন সর্বপ্রথম বিশ্ববিশ্রুত বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার। ল্যাভয়সিয়ার খানিকটা মারকারিকে আবদ্ধ বায়ুতে উত্তপ্ত করিলেন। ইহার ফলে তিনি দেখিতে পাইলেন যে বায়ুর এক-পঞ্চমাংশ মারকারির সহিত যুক্ত হইয়া লাল রঙের একটি সর সৃষ্টি করে; বদ্ধযন্ত্রে বায়ুর যে-অবশিষ্টাংশ পড়িয়া থাকে উহা দহনের সহায়ক নহে। তিনি আরও লক্ষ্য করিলেন, এই অবশিষ্ট গ্যাসে কোন জীবন্ত প্রাণী রাখিলে উহা শ্বাসরুদ্ধ হইয়া মরিয়া যায়। শেষোক্ত কারণে অর্থাৎ শ্বাসকার্যের সহায়তা করে না বলিয়া ল্যাভয়সিয়ার এই গ্যাসকে 'অ্যাজোট' (যাহার অর্থ হইতেছে নিষ্প্রাণ) নামে অভিহিত করেন। নাইটার অর্থাৎ পটাসিয়াম নাইট্রেটের (KNO_3) একটি উপাদান বলিয়া ইহার আধুনিক নামকরণ হইয়াছে নাইট্রোজেন।

6-2. উৎস : মুক্ত অবস্থায় ইহা বায়ুমণ্ডলে বর্তমান এবং আয়তন হিসাবে বায়ুমণ্ডলের প্রায় শতকরা 78 ভাগই নাইট্রোজেন। যুক্ত অবস্থায় প্রোটিন হিসাবে ইহা উদ্ভিদ্ ও প্রাণিদেহে বর্তমান। চিলির খনিতে সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$) হিসাবে এবং নাইটার বা সোরা (KNO_3) হিসাবে কোন কোন জায়গার মাটিতে প্রচুর পরিমাণে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। ইহা ছাড়া অ্যামোনিয়া, অ্যালবুমিন ইত্যাদি যৌগিকেও নাইট্রোজেন যুক্ত অবস্থায় বর্তমান।

6-3. নাইট্রোজেনের প্রস্তুতি : নাইট্রোজেন সাধারণত উহার কোন যৌগ বা বায়ু হইতে প্রস্তুত করা হয়।

রসায়নাগার পদ্ধতি (Laboratory method) : একটি কাচের ফ্লাস্কের মুখে কর্ক আঁটিয়া দিয়া উহার ভিতর দিয়া একটি দীর্ঘনাল ফানেল ও একটি বাঁকানো নির্গম-নল লাগাইয়া দেওয়া হয়। নির্গম-নলের অপর প্রান্ত গ্যাসদ্রোণীর জলের নীচে ডুবাইয়া রাখা হয়। উক্ত ফ্লাস্কের ভিতরে আমোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রাইটের গাঢ় দ্রবণ তুল্য পরিমাণে লওয়া হয়।

দীর্ঘনাল ফানেলের ভিতরের মুখটি ফ্লাস্কের দ্রবণের ভিতর পর্যন্ত প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হয়। এইবার ফ্লাস্কটিকে তারজালির উপর বসাইয়া সামান্য তাপ প্রয়োগ করিলেই নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গত হইতে থাকে। প্রথমে ফ্লাস্কের বায়ু বাহির হইয়া যাইতে দেওয়া হয়। ইহার পর গ্যাস-দ্রোণীর ভিতর নির্গম-নলের মুখে জলভরা গ্যাসজার উপুড় করিয়া ধরিলে নাইট্রোজেন গ্যাসজারে সঞ্চিত হয়। যদি নাইট্রোজেন দ্রুতবেগে উৎপন্ন হইতে থাকে, তাহা হইলে বুনসেন দীপ সরাইয়া লইয়া ফ্লাস্কটি ঠাণ্ডা করিয়া বিক্রিয়ার বেগ নিয়ন্ত্রিত করা হয়। বিক্রিয়ার বেগ কমিয়া আসিলে ফ্লাস্কটি আবার উত্তপ্ত করা হয়।



রসায়নাগারে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি

$$NH_4Cl + NaNO_2 = NH_4NO_2 + NaCl.$$
$$NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O.$$

নাইট্রোজেনের বিশুদ্ধিকরণ (Purification): রসায়নাগারে যে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয় উহা বিশুদ্ধ নয়। উহাতে স্বল্প পরিমাণে ক্লোরিন, অ্যামোনিয়া, নাইট্রোজেন অক্সাইড এবং জলীয় বাষ্প থাকে। এই গ্যাসকে ক্লোরিনমুক্ত করিবার জন্য প্রথমে কষ্টিক সোডার দ্রবণ, এবং অ্যামোনিয়া ও জলীয় বাষ্প মুক্ত করিবার জন্য পরে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। সর্বশেষে একটি কাচের নলে রক্ষিত উত্তপ্ত তামার ছিবড়ার উপর দিয়া গ্যাসটি চালনা করিয়া নাইট্রোজেন অক্সাইডকে নাইট্রোজেনে বিজারিত করা হয় এবং নির্গত গ্যাসটি পারদ অপসারণ দ্বারা পারদের উপর সঞ্চিত করা হয়।

6-4. ধর্ম (Properties): (i) **ভৌত ধর্ম**—ইহা একটি স্বাদহীন, গন্ধহীন ও বর্ণহীন গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা সামান্য হাল্‌কা এবং জলে খুব সামান্য পরিমাণে দ্রবীভূত হয়।

(ii) **রাসায়নিক ধর্ম**—এই গ্যাস নিতান্তই নিষ্ক্রিয়। সাধারণ উষ্ণতায় অপর পদার্থের সহিত যুক্ত হয় না। ইহা অপরের দহনের সহায়ক নহে বা

নিজেও দাহ্য নয়। নাইট্রোজেন-পূর্ণ গ্যাসজারের ভিতর একটি জলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে উহা নিভিয়া যায়। লোহিত-তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম প্রভৃতি ধাতু নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত হয় এবং এই বিক্রিয়াজাত পদার্থকে নাইট্রাইড বলা হয়। $3Ca + N_2 = Ca_3N_2$; $3Mg + N_2 = Mg_3N_2$.

এই নাইট্রাইডগুলি জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়া গঠন করে।

$$Mg_3N_2 + 6H_2O = 2NH_3 + 3Mg(OH)_2.$$

নাইট্রোজেন 1100°C-এ ক্যালসিয়াম কারবাইডের সহিত যুক্ত হইয়া ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড গঠন করে। ইহাকে নাইট্রোলিমও বলা হয়, জলের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা বিযোজিত হয়।

$$CaC_2 + N_2 = CaNCN + C\ ;\ CaNCN + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$$

তড়িৎস্ফুলিঙ্গের সংস্পর্শে (প্রায় 3000°C) বাতাসের নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড গঠন করে। $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$

প্রায় 200 বায়ুমণ্ডলের চাপে (pressure of 200 atmosphere) এবং লৌহচূর্ণের প্রভাবে 550°C উষ্ণতায় হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে (Haber প্রণালী)।

6-5. **ব্যবহার** : (i) অ্যামোনিয়া, নাইট্রোলিম, নাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতি প্রস্তুত করিবার জন্য নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হয়, (ii) গ্যাস থার্মোমিটার এবং বৈদ্যুতিক বালবেও নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হয়।

6-6. বায়ু হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি : বায়ু প্রধানতঃ অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের মিশ্রণ। সুতরাং কোন উপযুক্ত পদার্থ দ্বারা বায়ুর অক্সিজেন অপসারিত করিয়া নাইট্রোজেন সংগ্রহ করা যাইতে পারে। নিম্নে এইরূপ দুইটি পদ্ধতির বিবরণ দেওয়া হইল।

(i) **লোহিত-তপ্ত কপার কুচির সাহায্যে :** গ্যাস-হোল্ডার হইতে বায়ুকে প্রথমে U-নলস্থিত কষ্টিক পটাসের গাঢ় দ্রবণের ভিতর দিয়া এবং পরে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ বোতলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত কর। কষ্টিক পটাস বায়ু হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং সালফিউরিক অ্যাসিড বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প অপসারিত করে। অতঃপর এই বিশুদ্ধ বায়ুকে চুল্লীর উপরে স্থাপিত লোহিত-তপ্ত কপার কুচি (copper filings)-পূর্ণ একটি দীর্ঘনলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত কর। ইহাতে বায়ুর অক্সিজেন উত্তপ্ত কপারের সহিত যুক্ত হইয়া কপার অক্সাইডে পরিণত হয়।

$2Cu + O_2 = 2CuO$। বায়ুর অবশিষ্টাংশ যথারীতি জলের উপর গ্যাসজারে সংগ্রহ কর। ইহাই নাইট্রোজেন, ইহা বিশুদ্ধ নহে। কারণ, বায়ুতে বর্তমান কতকগুলি নিষ্ক্রিয় গ্যাস অর্থাৎ, আর্গন, হিলিয়াম ইত্যাদি ইহাতে মিশ্রিত থাকে। এই কারণেই বায়ু হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন উহার কোন যৌগ হইতে প্রস্তুত বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন অপেক্ষা সামান্য ভারী। পরীক্ষা দ্বারা দেখা গিয়াছে যে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেনের ঘনত্ব 1·2505 এবং বায়ু হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেনের ঘনত্ব 1·2572।

(ii) **শ্বেত ফসফরাসের সাহায্যেঃ** ফস্‌ফরাসকে বায়ুতে পোড়াইলে ফস্‌ফরাস বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয় কিন্তু নাইট্রোজেন অবিকৃত অবস্থায় থাকে। (পদ্ধতির বিবরণের জন্য 52 নং পৃষ্ঠা দ্রষ্টব্য)

$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

Questions

1. Describe the laboratory method of preparation of nitrogen. Write what you know about its properties and uses.

[নাইট্রোজেন প্রস্তুতির রসায়নাগার পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার ধর্ম এবং ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।]

2. Why was nitrogen called 'azote' by Lavoisier? What is the reason for naming the substance nitrogen now-a-days? State two of its physical and three of its chemical properties. Describe the uses of the gas.

[ল্যাভয়সিয়ার নাইট্রোজেনকে 'অ্যাজোট' নামে অভিহিত করিয়াছিলেন কেন? ইহার আধুনিক নামকরণ 'নাইট্রোজেন' হইয়াছে কেন? ইহার দুইটি ভৌত এবং তিনটি রাসায়নিক ধর্ম বিবৃত কর। গ্যাসটির ব্যবহার বর্ণনা কর।]

3. Describe a method by means of which you can isolate nitrogen from air as well as determine the volumetric composition of the latter.

[এমন একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর যাহা দ্বারা তুমি একই সঙ্গে বায়ু হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করিতে এবং বায়ুর আয়তন সংযুতি নির্ধারণ করিতে পার।]

4. Describe a method other than combustion of phosphorus for obtaining nitrogen from air. Why is nitrogen obtained from air heavier than nitrogen obtained from its compounds?

[ফস্‌ফরাসের দহন ব্যতীত এরূপ একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর যাহা দ্বারা বায়ু হইতে নাইট্রোজেন পাওয়া যাইতে পারে। বায়ু হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন উহার কোন যৌগ হইতে প্রস্তুত নাইট্রোজেন অপেক্ষা ভারী হয় কেন?]

সপ্তম অধ্যায়

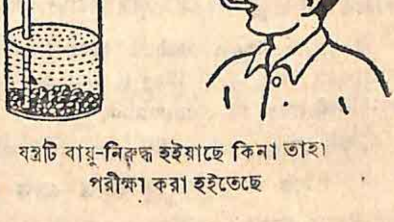
(হাইড্রোজেন Hydrogen)

চিহ্ন H, সঙ্কেত H_2, পরমাণু ক্রমাঙ্ক 1, পারমাণবিক গুরুত্ব=1·008। প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় এক লিটার গ্যাসের ওজন 0·0899 গ্রাম।

7-1. ইতিবৃত্ত ঃ সম্ভবতঃ এই গ্যাস সর্বপ্রথম প্রস্তুত করেন বিজ্ঞানী বয়েল। ইহার ধর্মসমূহ এবং অন্যান্য গ্যাস হইতে ইহার স্বাতন্ত্র্য প্রতিষ্ঠা করেন ইংরেজ বিজ্ঞানী ক্যাভেণ্ডিশ। আগুনের সংস্পর্শে জ্বলিয়া ওঠে বলিয়া তিনি ইহাকে দাহ্য বায়ু (inflammable air) নামে অভিহিত করেন। জল হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করেন সর্বপ্রথম ল্যাভয়সিয়ার। তিনি প্রমাণ করেন যে জল হইল হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের একটি যৌগিক পদার্থ। এই গ্যাসটি বায়ুতে জ্বলিলে জল উৎপন্ন হয় বলিয়া তিনি ইহার নাম রাখেন হাইড্রোজেন বা জল উৎপাদক।

7-2. উৎস ঃ মুক্ত অবস্থায় বায়ুমণ্ডলের উচ্চতর স্তরে খুব অল্প পরিমাণ হাইড্রোজেন বর্তমান। আগ্নেয়গিরি এবং খনিজ তৈল হইতে নির্গত গ্যাসে অন্যান্য গ্যাসের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় মুক্ত হাইড্রোজেন খুব অল্প পরিমাণে বিদ্যমান। সূর্যের বর্ণালী বিশ্লেষণ করিয়া বিজ্ঞানীরা সূর্যমণ্ডলেও হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করিয়াছেন। মুক্ত অবস্থায় হাইড্রোজেন বিশেষ পাওয়া না গেলেও যুক্ত অবস্থায় (যৌগিক হিসাবে) হাইড্রোজেনের ভাণ্ডার প্রায় অফুরন্ত। ওজন হিসাবে জলের $\frac{1}{9}$ অংশ হাইড্রোজেন। খনিজ তৈল এবং সকল প্রকার উদ্ভিজ্জ ও প্রাণিজ পদার্থের একটি সাধারণ উপাদান (common constituent) হাইড্রোজেন।

7-3. প্রস্তুতি ঃ (a) রসায়নাগার পদ্ধতি—দুই মুখবিশিষ্ট একটি উল্ফ বোতলে খানিকটা দস্তার ছিবড়া (granulated zinc) লও। এইবার দুইটি কর্ক দ্বারা উল্ফ বোতলের দুইটি মুখই আঁটিয়া দাও। একটি কর্কের ভিতর দিয়া একটি দীর্ঘ-নাল ফানেল এবং অপর কর্কটির ভিতর দিয়া একটি বাঁকানো নির্গম নল লাগাও। ফানেল দ্বারা জল ঢালিয়া দস্তার ছিবড়াগুলিকে ঢাকিয়া দাও।



যন্ত্রটি বায়ু-নিরুদ্ধ হইয়াছে কিনা তাহা পরীক্ষা করা হইতেছে

লক্ষ্য রাখিবে যে দীর্ঘ-নাল ফানেলের প্রান্তটি যেন তরলের মধ্যে ডুবিয়া থাকে

এবং নির্গম নলের উল্‌ফ-বোতলে লাগান মুখটি যেন তরলের বেশ খানিকটা উপরে থাকে। হাইড্রোজেনের সহিত বায়ু মিশিয়া একটি বিস্ফোরক মিশ্রণ উৎপন্ন করিতে পারে, তাই কর্ক এবং তাহার সহিত লাগানো নলগুলির সংযোগ যেন বায়ু-নিরোধক হয়। যন্ত্রটি যে সম্পূর্ণ বায়ু-নিরুদ্ধ হইয়াছে তাহা সঠিকভাবে জানিবার জন্য নির্গম নলের মুখ দিয়া ফুঁ দাও। দীর্ঘনাল ফানেলের মুখ দিয়া তরল উপরে উঠিবে। নির্গম নলের মুখটি বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ দ্বারা চাপিয়া ধর, যন্ত্রটি যদি সম্পূর্ণ বায়ু-নিরুদ্ধ হয় তাহা হইলে তরল একই স্থানে থাকিবে। নির্গম নলের মুখটি গ্যাস-দ্রোণীর জলের মধ্যে ডুবাইয়া রাখ। এইবার লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দীর্ঘনাল ফানেলের ভিতর দিয়া উল্‌ফ-বোতলে ঢাল এবং যন্ত্রটিকে মাঝে মাঝে নাড়িয়া দাও। অ্যাসিড ও দস্তার সংস্পর্শ ঘটিলে রাসায়নিক বিক্রিয়া আরম্ভ হয়—অ্যাসিডে দস্তা দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

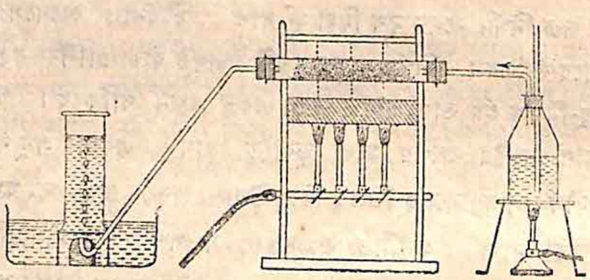
এই উৎপন্ন হাইড্রোজেন প্রথমে উল্‌ফ-বোতলস্থিত বায়ুকে বোতল হইতে অপসারিত করে, কাজেই নির্গম নল দিয়া প্রথমে উল্‌ফ-বোতলের বায়ু বাহির হইতে থাকে এবং বায়ু ফুরাইয়া গেলে হাইড্রোজেন বাহির হয়। সুতরাং কিছুক্ষণ গ্যাস বাহির হইয়া যাইতে দাও এবং পরে একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার নির্গম নলের মুখে উপুড় করিয়া বসাও। জলকে অপসারিত করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাসজারে সঞ্চিত হইবে।

সতর্কতা : (i) দীর্ঘনাল ফানেলের প্রান্ত যেন সকল সময়েই উল্‌ফ-বোতলস্থিত তরলের নীচে থাকে। (ii) যন্ত্রটি যেন সম্পূর্ণরূপে বায়ু-নিরুদ্ধ হয়। (iii) প্রথমে কিছুক্ষণ গ্যাসকে বাহির হইয়া যাইতে দিবে। (iv) কাছাকাছি কোন অগ্নিশিখা রাখিবে না।

বিশুদ্ধিকরণ : জিঙ্ক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে যে হাইড্রোজেন তৈয়ারী করা হয় উহাকে যথাক্রমে লেড নাইট্রেট দ্রবণ, সিলভার সালফেট দ্রবণ, কঠিন কষ্টিক পটাস, গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড এবং ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বা ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড ভর্তি কতকগুলি 'U' নলের ভিতর দিয়া পরিচালনা করা হয়। ইহার ফলে হাইড্রোজেন শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হয়। ইহাকে যথারীতি মারকারির উপর সংগ্রহ করা হয়।

(b) **স্টীম-লৌহ পদ্ধতি** (Steam iron process) : শক্ত কাচের একটি মোটা নলের ভিতর কিছু লৌহচূর্ণ আল্‌গাভাবে রাখ। নলটির দুই মুখ

দুইটি কর্ক দ্বারা বন্ধ কর। একটি কর্কের সহিত চিত্রে প্রদর্শিত-মতে একটি নির্গম-নল জুড়িয়া দাও। অপর কর্কটির সহিত বাঁকান একটি কাচনল এমনভাবে আঁটিয়া দাও যাহাতে লৌহপূর্ণ নলের অভ্যন্তরের সহিত আংশিক জলপূর্ণ একটি পাত্রের সংযোগ রক্ষিত হয়। অতঃপর লৌহপূর্ণ



স্টীম-লৌহ পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন উৎপাদন

কাচনল একটি চুল্লীর উপর রাখিয়া উত্তপ্ত কর এবং আংশিক জলপূর্ণ পাত্রটিকে বুনসেন দীপশিখায় উত্তপ্ত কর। উত্তাপের ফলে জলপূর্ণ পাত্র হইতে স্টীম উত্থিত হয়। এই স্টীম লোহিত তপ্ত লৌহের উপর দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় লৌহের সহিত ক্রিয়া করে। ইহার ফলে লৌহ ফেরোসো-ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়। নির্গত গ্যাসকে যথারীতি জল-অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ কর।

$$3Fe + 4H_2O \rightleftharpoons Fe_3O_4 \text{ (ফেরোসো-ফেরিক অক্সাইড)} + 4H_2$$

(c) **জলের সহিত সোডিয়ামের বিক্রিয়া** (Action of sodium on water) ঃ একটি পাত্রে খানিকটা জল লইয়া উহার ভিতর জলপূর্ণ একটি গ্যাসজার উপুড় করিয়া রাখ। অতঃপর তারজালির একটি চামচে (wire gauze spoon) কয়েক টুকরা সোডিয়াম লইয়া গ্যাসজারটির নীচে জলের ভিতর চাপিয়া ধর। সোডিয়াম জলের সহিত বিক্রিয়ায় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়। নির্গত গ্যাস জল-অপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সঞ্চিত হয়। বিক্রিয়াটি ঘটে নিম্নরূপ ঃ

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH \text{ (সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড)} + H_2$$

(d) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি** (Electrolysis) ঃ জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়াও হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা যায়। তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে

হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন (জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্রষ্টব্য) জমা হয়।

7-4. ধর্ম (Properties)

ভৌত ধর্ম : বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন, স্বচ্ছ গ্যাস। ইহা জলে দ্রবীভূত হয় না। ইহা বায়ু অপেক্ষাও হাল্‌কা।

পরীক্ষা : একটি হাইড্রোজেনপূর্ণ গ্যাসজারের মুখে একটি বায়ুপূর্ণ (অর্থাৎ খালি) গ্যাসজার উপুড় করিয়া ধর। কিছুক্ষণ পরে একটি জ্বলন্ত শলাকা (পাটকাঠি) উপরের গ্যাসজারে প্রবেশ করাও, দেখিবে শলাকাটি নিভিয়া যাইবে এবং গ্যাস জ্বলিতে থাকিবে। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় হাইড্রোজেন বায়ু অপেক্ষা হাল্‌কা বলিয়া, উপরের গ্যাসজারের বায়ুকে অপসারিত করিয়া নিজে ঐ গ্যাসজারে সঞ্চিত হইয়াছে। এইভাবে দেখান যায় যে হাইড্রোজেন অন্যান্য গ্যাস অপেক্ষাও হাল্‌কা।



বায়ু অপেক্ষা হাইড্রোজেন হাল্‌কা বলিয়া উহা বায়ুকে অপসারিত করিয়া উপরের গ্যাসজারে সঞ্চিত হয়

দ্বিতীয়ত, একটি বেলুন হাইড্রোজেন দিয়া ভর্তি করিলে বেলুনটি বায়ুতে উড়িতে থাকে। হাইড্রোজেন বায়ু অপেক্ষা হাল্‌কা না হইলে ইহা হইতে পারিত না।

রাসায়নিক ধর্ম : হাইড্রোজেন দহনের সহায়ক নয় কিন্তু নিজে দাহ্য পদার্থ।

পরীক্ষা : একটি জ্বলন্ত শলাকা হাইড্রোজেন গ্যাসের ভিতর প্রবেশ করাও, দেখিবে হাইড্রোজেন গ্যাস নিজে জ্বলিতে থাকিবে কিন্তু শলাকাটি নিভিয়া যাইবে।

হাইড্রোজেন অক্সিজেনে জ্বলিবার সময় জল তৈয়ারী হয়।

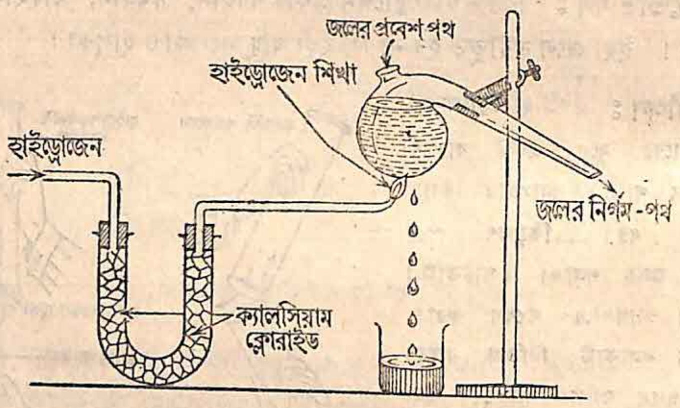
$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

পরীক্ষা : হাইড্রোজেন গ্যাসকে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ একটি U-নলের ভিতর দিয়া চালনা কর, ইহাতে হাইড্রোজেনের সহিত যদি কোন জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে তাহা

দূরীভূত হয়। এই বিশুদ্ধ হাইড্রোজেনকে একটি সরু নলের ভিতর দিয়া বাহিরে আনিয়া নলটির মুখে আগুন লাগাইয়া দাও। হাইড্রোজেনের শিখাটি একটি শীতল জলপূর্ণ পাত্রের গায়ে লাগাও। এই পাত্রের ভিতরে শীতল জলের প্রবাহ চালনা কর। দেখিবে শীতল পাত্রের নীচে

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

হাইড্রোজেনের + অক্‌সিজেন ——→



হাইড্রোজেনের সহিত অক্সিজেন যুক্ত হইয়া জল গঠন করে

অবস্থিত বীকারের মধ্যে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া একটি বর্ণহীন তরল সঞ্চিত হইবে। এই বর্ণহীন তরলটি জল ছাড়া আর কিছুই নহে—উহা যে সত্য সত্যই জল তাহা প্রমাণ করিতে হইলে উহার সহিত অল্প একটু অনার্দ্র সাদা কপার সালফেট মিশ্রিত কর, দেখিবে সাদা কপার সালফেট উহার সংস্পর্শে নীল হইয়া যাইবে।

হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের মিশ্রণ বিস্ফোরণ ঘটায়।

পরীক্ষা ঃ একটি বোতল জলপূর্ণ কর। জল অপসারণ করিয়া প্রথমে উহার $\frac{2}{3}$ অংশ হাইড্রোজেন দ্বারা এবং পরে $\frac{1}{3}$ অংশ অক্সিজেন দ্বারা পূর্ণ কর। বোতলের মুখটি কর্ক দিয়া আঁটিয়া দাও। একটি মোটা তোয়ালের সাহায্যে বোতলটি ভালভাবে জড়াইয়া ধরিয়া উহাকে ঝাঁকাইয়া লও এবং উহার মুখের কর্কটি খুলিয়া মুখের নিকট একটি জ্বলন্ত পাট-কাঠি ধর। প্রচণ্ড বিস্ফোরণের সহিত হাইড্রোজেন অক্সিজেনের মিশ্রণটি জ্বলিয়া উঠিবে।

হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন পরস্পরে যুক্ত হইবার আসক্তি খুবই বেশী। তাই উত্তপ্ত অবস্থায় অনেক ধাতব অক্সাইডের উপর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস পরিচালনা করিলে, হাইড্রোজেন ধাতব অক্সাইডকে অক্সিজেন বিমুক্ত করিয়া জল উৎপন্ন করে এবং মৌলিক ধাতুটি উৎপন্ন হয়। যথা, উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের

উপর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করিলে ধাতব কপার এবং জল উৎপন্ন হয়। $CuO+H_2=Cu+H_2O$

পরীক্ষা : দুইদিকে দুইটি নল সংযুক্ত একটি বালবের ভিতর খানিকটা শুষ্ক কালো কপার-অক্সাইড লইয়া উহাকে বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত কর এবং নলটির ভিতর দিয়া শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস পরিচালনা কর। ইহার ফলে কালো কপার-অক্সাইড বিজারিত হইয়া লাল কপারে পরিণত হয়। বাল্‌বটির যে-প্রান্ত হইতে হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করা হয় উহার বিপরীত প্রান্তে নলের ভিতর ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলবিন্দু সঞ্চিত হয়। উহা যে সত্য সত্যই জল তাহা পরীক্ষা করিবার জন্য এই নলটির ভিতরে খানিকটা সাদা অনার্দ্র কপার সালফেট প্রবেশ করাও। অল্পক্ষণের মধ্যেই সাদা কপার সালফেট নীল হইয়া যায়। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় হাইড্রোজেন কোন ধাতব অক্সাইডকে বিজারিত করিলে জল উৎপন্ন হয়।

পরীক্ষাশেষে বাল্‌বের ভিতর হইতে লাল পদার্থ বাহির করিয়া আনিয়া উহার সহিত একটু নাইট্রিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিলে বাদামী বর্ণের গ্যাস নির্গত হয় এবং উৎপন্ন দ্রবণ নীল বর্ণ ধারণ করে। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে লাল পদার্থটি ধাতব কপার হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ায় CuO ধাতব Cu-এ বিজারিত হইয়াছে।

বিশেষ বিশেষ পরিবেশে হাইড্রোজেন গ্যাস অনেক মৌলিক পদার্থের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাইতে সক্ষম। গলিত সালফারের উপর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস পরিচালনা করিলে হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন হয়। $H_2+S=H_2S$.

লৌহচুর অনুঘটকের বর্তমানে এবং উচ্চ চাপে ও তাপমাত্রায় 3-ভাগ আয়তনের হাইড্রোজেন 1-ভাগ আয়তনের নাইট্রোজেনের সহিত রাসায়নিক সংযোগে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। $3H_2+N_2=2NH_3$

আলোর বর্তমানে হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন পরস্পরে যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। $H_2+Cl_2=2HCl$

হাইড্রোজেন কোন কোন ক্ষেত্রে উত্তপ্ত ধাতুর সহিত যুক্ত হইয়া হাইড্রাইড নামক যৌগ গঠন করে। $2Na+H_2=2NaH$; $Ca+H_2=CaH_2$. এই ধাতব হাইড্রাইড সাধারণতঃ অস্থায়ী এবং সহজেই ভাঙ্গিয়া যায়। জলের সহিত বিক্রিয়ায় ইহারা হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$CaH_2+2H_2O=Ca(OH)_2+2H_2$$

এমন কতকগুলি ধাতু আছে যাহারা সাধারণ উষ্ণতায় হাইড্রোজেন শোষণ করিতে পারে। এই শোষিত হাইড্রোজেনের পরিমাণ বৃদ্ধি পাইয়া থাকে, যদি ধাতব পদার্থগুলি বিচূর্ণ অবস্থায় থাকে। ধাতুর এই প্রকার হাইড্রোজেন গ্যাস শোষণ করিয়া লইবার গুণকে অন্তর্ধৃতি (occlusion) বলা হয়। বস্তুত এই

ঘটনায় হাইড্রোজেন গ্যাস কঠিন ধাতুর মধ্যে দ্রবীভূত হইয়া থাকে মাত্র এবং এই ধাতুতে তাপ প্রয়োগ করিলে অন্তর্ধৃত (occluded) হাইড্রোজেন আবার বাহির হইয়া আসে। আয়রন, কোবাল্ট, নিকেল, প্লাটিনাম এবং প্যালাডিয়াম প্রভৃতি ধাতুর হাইড্রোজেন গ্যাস শোষণ করিবার ক্ষমতা আছে, কিন্তু ইহাদের মধ্যে প্যালাডিয়ামের এই গুণ সর্বাপেক্ষা অধিক।

7-5. জায়মান হাইড্রোজেন ও উহার সক্রিয়তা ঃ হাইড্রোজেনের উৎপত্তিক্ষণে অর্থাৎ সদ্য উৎপন্ন অবস্থায় হাইড্রোজেনকে জায়মান হাইড্রোজেন বলা হয়। অনেকের মতে এই জায়মান হাইড্রোজেন হইল পারমাণবিক (atomic) অবস্থায় স্থিত হাইড্রোজেন। এই অবস্থায় হাইড্রোজেনের রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাইবার শক্তি হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিক।

নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা ইহার সক্রিয়তা প্রমাণ করা যায় ঃ—

একটি পরীক্ষানলে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণ লইয়া উহার সহিত খানিকটা সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত কর এবং দ্রবণের ভিতর দিয়া কিপ্‌ যন্ত্র হইতে হাইড্রোজেন গ্যাস চালাও। দেখিবে অনেকক্ষণ ধরিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করিলেও পারম্যাঙ্গানেটের বর্ণের কোন পরিবর্তন হইবে না। অন্য একটি পরীক্ষানলে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের খানিকটা দ্রবণ লইয়া উহার সহিত জিঙ্ক এবং সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত কর। দেখিবে, সদ্যজাত (জায়মান) হাইড্রোজেন অল্প সময়ের মধ্যে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটকে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন করিবে।

$2KMnO_4+3H_2SO_4+10H=K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O$

এইরূপে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের পরিবর্তে পরীক্ষানলে ফেরিক ক্লোরাইড বা পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের দ্রবণ লইয়া পরীক্ষা চালাইলেও দেখিতে পাইবে যে সাধারণ হাইড্রোজেন ফেরিক ক্লোরাইড বা পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণের বর্ণ পরিবর্তন করিতে পারে না। কিন্তু ঐ দ্রবণের মধ্যে যদি জিঙ্ক এবং সালফিউরিক অ্যাসিড দাও তাহা হইলে সদ্যজাত হাইড্রোজেন (জায়মান) উহাদিগকে বিজারিত করিয়া উহাদের বর্ণের পরিবর্তন ঘটাইবে। ইহা দ্বারা প্রমাণিত হয় যে, জায়মান হাইড্রোজেন সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিক সক্রিয়। $FeCl_3+H=FeCl_2+HCl$.

7-6. হাইড্রোজেন গ্যাসের ব্যবহার ঃ ইহা (i) বিজারক হিসাবে; (ii) অক্সি-হাইড্রোজেন-শিখা, পারমাণবিক হাইড্রোজেন-শিখা উৎপন্ন করিতে; (iii) মিথাইল অ্যালকোহল, অ্যামোনিয়া, কৃত্রিম পেট্রোল তৈরী করার জন্য; (iv) বেলুন ও বায়ুযানের জন্য এবং (v) কৃত্রিম স্নেহ জাতীয় পদার্থ, যথা—বনস্পতি প্রস্তুতকরণে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

বিঃ দ্রঃ মনে রাখিও, হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে (রসায়নাগার পদ্ধতি) কখনও গাঢ় অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না। কারণ, গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড জিঙ্ক দ্বারা সালফার ডাই-অক্সাইডে বিজারিত হয়; আবার গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিলে নির্গত হাইড্রোজেনের সহিত হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বাষ্প মিশ্রিত থাকে। এইজন্য গাঢ় অ্যাসিড ব্যবহার না করিয়া লঘু অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়।

Questions

1. Describe the laboratory method of preparation of hydrogen. What precautions should be taken in preparing and collecting the gas? Describe its important properties with experiments whenever possible.

[হাইড্রোজেন প্রস্তুতির রসায়নাগার পদ্ধতি বর্ণনা কর। এই গ্যাসটি প্রস্তুত করিতে ও সংগ্রহ করিতে কি কি সতর্কতা অবলম্বন করা উচিত? ইহার প্রধান ধর্মগুলি যেখানে সম্ভব পরীক্ষাসহ বর্ণনা কর।]

2. Describe two purely chemical reactions of obtaining hydrogen from water. Give equations.

[জল হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করিবার দুইটি রাসায়নিক বিক্রিয়া বর্ণনা কর। সমীকরণ-সমূহ লিখ।]

3. What is meant by nascent hydrogen? How will you prove that it is more active than ordinary hydrogen?

[জায়মান হাইড্রোজেন কাহাকে বলে? কি প্রকারে প্রমাণ করিবে যে সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা ইহা বেশী সক্রিয়?]

4. What do you understand by 'occlusion' of hydrogen? Describe an experiment to demonstrate that hydrogen reduces an oxide of a metal.

[হাইড্রোজেনের অন্তর্ধৃতি বলিতে কি বুঝ? হাইড্রোজেন যে ধাতব অক্সাইডকে বিজারিত করে তাহা একটি পরীক্ষার সাহায্যে দেখাও।]

5. How can you prepare in the laboratory as pure a specimen of hydrogen as possible? State the important uses of the gas.

[কি প্রকারে রসায়নাগারে যথাসম্ভব বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা যাইতে পারে? গ্যাসটির গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহারগুলি বিবৃত কর।]

অষ্টম অধ্যায়

জল (Water)

সঙ্কেত H_2O, আণবিক গুরুত্ব 18, স্ফুটনাঙ্ক 100°C, গলনাঙ্ক 0°C, 4°C উষ্ণতায় 1 ml. জলের যে ওজন তাহাকে মেট্রিক পদ্ধতিতে ওজনের একক হিসাবে ব্যবহার করা হয় এবং ইহাকেই গ্রাম (gram) বলে।

8-1. ইতিবৃত্ত : প্রাচীন পণ্ডিতগণ জলকে একটি মৌলিক পদার্থ বলিয়া মনে করিতেন। কিন্তু 1781 খৃষ্টাব্দে ইংরাজ বিজ্ঞানী ক্যাভেণ্ডিস প্রমাণ করেন যে, জল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি যৌগিক পদার্থ।

8-2. উৎস : জীবনধারণের জন্য যে-সকল পদার্থ একেবারে অপরিহার্য, জল উহাদের অন্যতম। জল ব্যতিরেকে জীবজন্তু বাঁচিতে পারে না। জল যেরূপ প্রয়োজনীয়, প্রকৃতিও অকৃপণ হাতে ইহা দান করিয়াছে সেইরূপ। পৃথিবীতে জলের প্রাচুর্য সর্বাধিক। ভূ-পৃষ্ঠের প্রায় তিন-চতুর্থাংশই জলদ্বারা আবৃত। ভূ-পৃষ্ঠস্থ অকৃত্রিম গহ্বরগুলি জলদ্বারা পূর্ণ হইয়া সাগর, মহাসাগর, নদী ইত্যাদির সৃষ্টি করিয়াছে। গ্যাসীয় অবস্থায় ইহা বায়ুমণ্ডলে বর্তমান। সু-উচ্চ গিরিশৃঙ্গে এবং মেরু অঞ্চলে বৎসরের সকল সময়েই ইহা বরফ হিসাবে অর্থাৎ কঠিন অবস্থায় থাকে। জল যে কেবল ভূ-ত্বকের উপরিভাগে আছে তাহা নহে। মাটি, বিভিন্ন শিলাস্তর ইত্যাদি ভেদ করিয়া ইহা অনেক গভীরতা অবধি অনুপ্রবেশ করিয়া ঝরণা, প্রস্রবণ ইত্যাদির উৎসে পরিণত হইয়াছে। জীবজন্তু, বিভিন্ন বৃক্ষ ও লতাগুল্মাদির দেহের উপাদানের অধিকাংশই জল। ইহা ছাড়া, নানাপ্রকার খনিজ এবং বিভিন্ন রাসায়নিক দ্রব্যাদিতে জলের অবস্থিতি পরিলক্ষিত হয়।

8-3. প্রাকৃতিক জল

প্রকৃতিতে আমরা নানারকম জল পাই। উৎপত্তি স্থান অনুসারে প্রাকৃতিক জলকে মোটামুটি চারভাগে বিভক্ত করা হইয়াছে। যথা : (i) বৃষ্টির জল, (ii) প্রস্রবণের জল, (iii) নদীর জল, (iv) সমুদ্রের জল।

(i) **বৃষ্টির জল :** নদ-নদী, সমুদ্র প্রভৃতির জল সূর্যের তাপে বাষ্পীভূত হইয়া উড়িয়া যায় এবং পরে বায়ুমণ্ডলে শীতল হইয়া এই জলীয় বাষ্প পৃথিবীর বুকে বৃষ্টিরূপে নামিয়া আসে। এই বৃষ্টির জলকে কার্যত পাতিত জল হিসাবে গণ্য করা যাইতে পারে। কিন্তু ইহা পাতিত জল হইলেও সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নয়। ইহা বায়ুমণ্ডলের ধুলাবালি, অ্যামোনিয়া, নাইট্রোজেনের অক্সাইড, অক্সিজেন প্রভৃতি গ্যাসের সহিত মিশ্রিত হয়। শহরের বায়ুতে সালফার ডাই-অক্সাইড, সালফিউরিক

অ্যাসিড এবং অন্যান্য ময়লা বর্তমান। কাজেই শহরাঞ্চলে বৃষ্টির জলের সহিত ঐগুলির একটি দ্রবণ তৈরী হয়। কিন্তু এইসব পদার্থের পরিমাণ বায়ুতে খুব কম বলিয়া প্রাকৃতিক জলের মধ্যে ইহাকেই সর্বাপেক্ষা বিশুদ্ধ জল বলিয়া মনে করা হয়। কয়েক পশলা বৃষ্টি হইয়া যাইবার পর যে-জল পাওয়া যায় সে-জল অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ। বৃষ্টির জল মৃদু-জল (soft water)।

(ii) **প্রস্রবণের জল এবং কূপের জল ঃ** বৃষ্টির জলের কিয়দংশ ভূ-ত্বকের সচ্ছিদ্র স্তরের মধ্য দিয়া প্রবেশ করিয়া স্তরে স্তরে পরিস্রুত হইয়া কূপের ভিতর সঞ্চিত হয় বা বিভিন্ন ছিদ্রপথে পুনরায় বাহির হইয়া আসে এবং প্রস্রবণের সৃষ্টি করে। এই জলে কোন প্রকার ভাসমান পদার্থ থাকিতে পারে না। তাই এই জল দেখিতে স্বচ্ছ। কিন্তু প্রস্রবণের জলে নানারকম ধাতব লবণ এবং অন্যান্য গ্যাস দ্রবীভূত থাকে। দ্রবীভূত লবণের এবং গ্যাসের স্বাদের এবং গুণের তারতম্য অনুসারে জলের স্বাদ এবং গুণের তারতম্য হয়। এই জল খর-জল (hard water)।

(iii) **নদীর জল ঃ** সাধারণত বৃষ্টির জল এবং সু-উচ্চ পাহাড়-পর্বতের বিগলিত তুষার নদ-নদীর জলের ভাণ্ডার। নদীর জলে সাধারণত ভাসমান ময়লা থাকে বলিয়া ইহাকে ঘোলাটে দেখায়। ইহাতে অনেক ভাসমান ও দ্রবীভূত জৈব ও অজৈব পদার্থ, ব্যাক্‌টিরিয়া এবং নানাপ্রকার রোগজীবাণু মিশিয়া থাকে। এই জল খর-জল।

(iv) **সমুদ্র-জল ঃ** সমুদ্রের জলে ভাসমান পদার্থ অতি সামান্যই দেখা যায় কিন্তু এই জলে দ্রবীভূত পদার্থ সর্বাধিক পরিমাণে বর্তমান। সমুদ্রের জলে নানাপ্রকার লবণের মধ্যে খাদ্য-লবণের পরিমাণই বেশী। এই জলে দ্রবীভূত লবণের পরিমাণ 8·6%, উহার মধ্যে খাদ্য-লবণই হইল 2·6% এবং এইজন্য ইহা অতিশয় লবণাক্ত এবং পানের অযোগ্য। এই জলও খর-জল।

8-4. খর-জল ও মৃদু-জল ঃ তোমরা জান যে, জলে সাবান ঘষিলে ফেনার সৃষ্টি হয়। কিন্তু সকল প্রাকৃতিক জলের এই ফেনা সৃষ্টি করিবার ক্ষমতা সমান নহে। যে-জলে সহজেই সাবানের ফেনা তৈরী হয় তাহাকে মৃদু-জল বলে। কিন্তু যে-জল সহজে ফেনা দেয় না তাহাকে খর-জল বলে।

প্রাকৃতিক জলে বিভিন্ন ধাতব লবণ দ্রবীভূত থাকে। কিন্তু জলে যদি ক্ষারীয় ধাতুর লবণ ছাড়া অন্যান্য ধাতুর দ্রবণীয় লবণ বিশেষ করিয়া ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম এবং আয়রনের দ্রবণীয় লবণ, যথা—ক্লোরাইড, সালফেট বা বাই-কার্বনেট থাকে তাহা হইলে জল খরতা প্রাপ্ত হয়। জলের খরতা দুই রকমের হইতে পারে—স্থায়ী ও অস্থায়ী। যে-জলে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতির বাই-কার্বনেট দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে, সেই জলের খরতাকে বলা হয় অস্থায়ী খরতা ; কারণ, ঐ জলকে ফুটাইয়া (বা স্ফুটনের ন্যায় কোন সহজ উপায়ে) খরতা দূর করা যায়। কিন্তু জলের খরতা যদি কেবল মাত্র জলকে ফুটাইয়া

বা অন্য কোন সহজ পন্থায় দূর করা না যায় তাহা হইলে তাহাকে স্থায়ী খরতা বলে। সাধারণত ক্যালসিয়াম এবং ম্যাগনেসিয়ামের ক্লোরাইড ও সালফেট যৌগের উপস্থিতি জলে খরতার সৃষ্টি করে।

জলের খরতা দূরীকরণ ঃ জলের খরতা দূর করিতে হইলে জল হইতে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদিকে কোন প্রক্রিয়া বা রাসায়নিক পরিবর্তনের সাহায্যে দূর করিতে হইবে। জলের অস্থায়ী খরতা দুইটি উপায়ে দূর করা হয়ঃ (i) জল ফুটাইয়া, (ii) জলের সহিত চুন মিশ্রিত করিয়া।

(i) **স্ফুটন পদ্ধতি ঃ** জল ফুটাইলে বাই-কার্বনেট ভাঙ্গিয়া কার্বনেটে পরিণত হয়। ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট জলে অদ্রবণীয় বলিয়া উহারা জল হইতে অধঃক্ষিপ্ত হয়। কিন্তু ফেরাস কার্বনেট বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া বাদামী বর্ণের ফেরিক হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয় এবং অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই জল কিছুক্ষণ স্থির অবস্থায় রাখিয়া দিয়া উপর হইতে জল সংগ্রহ করিলে বা এই জলকে পরিস্রুত করিলে মৃদু জল পাওয়া যায়।

$$Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 + H_2O + CO_2\ ;$$
ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেট — ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2.$$
ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট — ক্যালসিয়াম কার্বনেট

$$Fe(HCO_3)_2 = FeCO_3 + H_2O + CO_2$$
ফেরাস কার্বনেট

$$4FeCO_3 + 6H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3 + 4CO_2$$

(ii) **ক্লার্ক পদ্ধতি** (Clark's Process): এই পদ্ধতিতে জলের সহিত উপযুক্ত পরিমাণ চুন মিশ্রিত করা হয়। ক্যালসিয়াম এবং ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেট চুনের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের অদ্রবণীয় যৌগ উৎপন্ন করে। ইহারা জল হইতে অধঃক্ষিপ্ত হইয়া পড়ে এবং এইভাবে জলের খরতা দূর হয়।

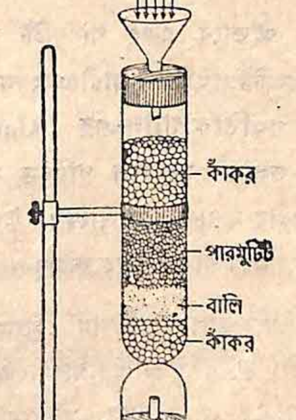
$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O\ ;$$
$$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + Mg(OH)_2 + 2H_2O.$$

এই উপায়ে খরতা দূর করিতে হইলে বিশেষ সতর্কতার প্রয়োজন। কারণ

প্রয়োজনাতিরিক্ত চুন জলের সহিত মিশাইলে জলের খরতা দূর না হইয়া বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইবে (চুন ক্যালসিয়ামের একটি যৌগ এবং জলে ইহার দ্রাব্যতা যথেষ্ট। সুতরাং, অতিরিক্ত চুন জলে দ্রবীভূত হইয়া ক্যালসিয়াম ঘটিত পদার্থের পরিমাণ বৃদ্ধি করিবে)।

জলের স্থায়ী খরতাও দুইটি উপায়ে দূর করা হয়ঃ—সোডা পদ্ধতি এবং পারমুটিট পদ্ধতিঃ তন্মধ্যে একমাত্র পারমুটিট পদ্ধতিই তোমাদের পাঠ্যক্রমের অন্তর্ভুক্ত।

(i) **পারমুটিট পদ্ধতি** (Permutit Process): সোডিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতুর সিলিকেটের মিশ্রণে গঠিত জিয়োলাইট (zeolite) নামক কতকগুলি খনিজ পদার্থ প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। কৃত্রিম উপায়েও জিয়োলাইটের মত এক প্রকার পদার্থ—সোডিয়াম-অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট তৈয়ারী করা হইয়াছে। ইহাকে পারমুটিট নামে অভিহিত করা হয়। ইট বা লৌহ দ্বারা তৈয়ারী গোলাকার এবং উচ্চ একটি প্রকোষ্ঠে পারমুটিট রাখা হয়। পারমুটিটের উপরে এবং নীচে খানিকটা বালি এবং কাঁকরের স্তর থাকে। প্রকোষ্ঠের উপর হইতে খর-জল আস্তে আস্তে প্রকোষ্ঠের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। ক্যালসিয়াম এবং ম্যাগনেসিয়ামের লবণগুলি (যাহা জলে দ্রবীভূত অবস্থায় আছে) পারমুটিটের সহিত বিক্রিয়ায় অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম এবং ম্যাগনেসিয়াম পারমুটিট গঠন করে। প্রকোষ্ঠের তলদেশ হইতে যে-পরিস্রুৎ বাহির হয় উহাতে ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়ামের কোনও লবণ থাকে না, উহা মৃদু জলে পরিণত হইয়াছে।



পারমুটিট পদ্ধতি

Na—পারমুটিট + Mg—লবণ = Mg—পারমুটিট + Na—লবণ।
(অদ্রাব্য)

Na—পারমুটিট + Ca—লবণ = Ca—পারমুটিট + Na—লবণ।
(অদ্রাব্য)

উপরের রাসায়নিক বিক্রিয়া হইতে দেখা যায় সোডিয়াম পারমুটিট ক্যালসিয়াম এবং ম্যাগনেসিয়াম পারমুটিটে রূপান্তরিত হইতেছে। সুতরাং কিছুদিন ব্যবহারের পরে পারমুটিটের জলের খরতা দূরীকরণের ক্ষমতা আর থাকে না। খাদ্যলবণের গাঢ় দ্রবণ ইহার (পারমুটিটের) উপর দিয়া অতিক্রম করাইয়া ব্যবহৃত পারমুটিটকে পুনর্জীবিত করা হয়। এই পারমুটিট পুনরায় জলের খরতা দূর করিতে সক্ষম হয়।

$\left.\begin{matrix}Ca\\Mg\end{matrix}\right\}$-পারমুটিট + Na-ক্লোরাইড → $\left.\begin{matrix}Ca\\Mg\end{matrix}\right\}$-ক্লোরাইড + Na-পারমুটিট।

এইভাবে একই পারমুটিট বহুদিন ধরিয়া ব্যবহার করা যাইতে পারে। পারমুটিট পদ্ধতিতে স্থায়ী এবং অস্থায়ী উভয় প্রকার খরতাই দূরীভূত হয়। এই পদ্ধতিকে **গ্যান-এর (Gan's) পদ্ধতিও** বলা হয়। এই পদ্ধতিতে খর-জলকে মৃদু-জলে পরিণত করিতে পূর্বপৃষ্ঠায় প্রদর্শিত চিত্রের ন্যায় যন্ত্র ব্যবহার করা যাইতে পারে। উপর হইতে খর-জল যন্ত্রের ভিতর প্রবেশ করে এবং নিম্নে রক্ষিত গ্রাহকে মৃদু-জল সঞ্চিত হয়।

আজকাল সোডিয়াম হেক্সামেটাফস্‌ফেট (যাহাকে ক্যালগনও বলা হয়), E. D. T. A. ইত্যাদির দ্বারাও জলের খরতা দূর করা হয়। ইহাদের সহিত বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদির লবণগুলি জটিল যৌগিকে পরিণত হয় বলিয়া জলের খরতা দূর হয়।

8-5. জলের ব্যবহার: জল বহুল পরিমাণে পানীয় হিসাবে, নানা-প্রকার যন্ত্রপাতিতে, যেমন—বয়লারে, রন্ধন কার্যে, ঔষধপত্রে, রসায়নাগারে বিভিন্ন দ্রবণ তৈয়ারী করিবার জন্য এবং বিভিন্ন পদার্থ ধৌত করিবার জন্য ব্যবহৃত হয়।

খর-জলের সহিত সাবান ব্যবহার করিলে যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত ক্যালসিয়াম এবং ম্যাগনেসিয়াম লবণ দূরীভূত হয় ততক্ষণ পর্যন্ত সাবানের কোন ফেনা হয় না। এইভাবে খানিকটা সাবান অহেতুক খরচ হয়। আবার, এই জল লৌহঘটিত লবণ হইতেও মুক্ত হওয়া বাঞ্ছনীয়। কারণ এই লবণ বাদামী বর্ণের

ফেরিক হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয় এবং ইহার ফলে কাপড়, জামা ইত্যাদিতে অনুরূপ রঙের দাগ (stain) পড়ে। তাই, **ধৌতাদির** কার্যে মৃদু জল ব্যবহার করাই বিধেয়।

রন্ধনকার্যে ব্যবহৃত জলের খরতা যদি খুব বেশী হয় তাহা হইলে আহার্য দ্রব্যাদি সহজে সুসিদ্ধ হয় না। স্টীম উৎপাদন করিবার জন্য **বয়লারে** নানা কারণ বশতঃ মৃদু জল ব্যবহার করা বাঞ্ছনীয়।

8-6. জলের অশুদ্ধি এবং উহার অপসারণ ঃ জলের নানাপ্রকার ব্যবহারের কথা পূর্বেই জানিয়াছ। এখন জলে কি ধরনের অশুদ্ধি থাকে এবং কি ভাবে উহাকে পানের উপযোগী এবং কি ভাবেই বা উহাকে রসায়নাগারে ব্যবহারের (laboratory use) উপযোগী বা অতি বিশুদ্ধ করা হয় সে-সম্পর্কে এখানে আলোচনা করা হইবে।

প্রাকৃতিক জলে সাধারণতঃ যে-অশুদ্ধিগুলি বর্তমান তাহাদিগকে দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয় ঃ—

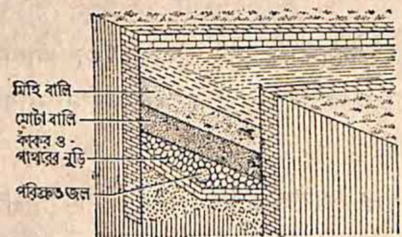
(i) **অদ্রাব্য বা ভাসমান (suspended) অশুদ্ধি ঃ** যথা— বালি, কাদা ইত্যাদি। (ii) **দ্রাব্য (soluble) অশুদ্ধি ঃ** ইহা আবার দুই প্রকারের হইয়া থাকে। (a) অনুদ্বায়ী অশুদ্ধি ; যথা—সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম ইত্যাদির লবণ এবং (b) উদ্বায়ী অশুদ্ধি ; যথা—অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, অ্যামোনিয়া, কার্বন ডাই-অক্সাইড ইত্যাদি গ্যাস।

পানীয় জল—পানীয় জলে কোন প্রকার ভাসমান পদার্থ রোগজীবাণু, কোনও বিষাক্ত ধাতব পদার্থ, যথা—সীসা এবং অতিরিক্ত পরিমাণ খাদ্য লবণ থাকিবে না।

কিন্তু তাই বলিয়া পানীয় জল রাসায়নিক অর্থে বিশুদ্ধ জল নহে। পানীয় জলে কিছু লবণ, সামান্য অক্সিজেন এবং কার্বন-ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত থাকা বাঞ্ছনীয়। পাতিত জল বা রাসায়নিক অর্থে বিশুদ্ধ জল স্বাদহীন এবং উহাতে শরীরের পক্ষে প্রয়োজনীয় কতকগুলি পদার্থের অভাব থাকে বলিয়া উহা পানীয় হিসাবে প্রশস্ত নয়। পানীয় জলে এক রকম স্বাদ পাওয়া যায়।

ছোট বা বড় শহরে যেখানে অধিক পরিমাণে পানীয় জলের প্রয়োজন, সেখানে নিকটস্থ নদী, পুকুর বা খাল হইতে প্রচুর জল পাম্প করিয়া কতকগুলি

বড় বড় জলাশয়ে রাখা হয়। এই জলাশয়গুলি (ট্যাঙ্কগুলি) ইটের তৈয়ারী এবং লোহার তারের খাঁচায় পূরিয়া এই জলের মধ্যে ফট্‌কিরির বড় বড় টুকরা ডুবাইয়া রাখা হয়। ফট্‌কিরির প্রক্রিয়ায় বালি, কাদা প্রভৃতি ভাসমান অদ্রবণীয় পদার্থগুলি জলাশয়ের তলায় থিতাইয়া পড়ে। এই জলাশয়গুলির পাশেই ইটের দ্বারা তৈয়ারী বড় বড় কতকগুলি পরিস্রুতি-আধার থাকে। এই পরিস্রুতি-আধার-



অধিক পরিমাণ জলকে পানের
উপযোগী করার ব্যবস্থা

গুলির তলদেশ অসমতল, মধ্যস্থল খানিকটা নীচু এবং ইহার তলদেশে কয়েক ফুট উচ্চ মোটা কাঁকর ও পাথরের নুড়ি দেওয়া থাকে। তাহার উপর মোটা বালির স্তর এবং তাহার উপরে অর্থাৎ সর্বোপরি মিহি বালির স্তর রাখা হয়। পার্শ্ববর্তী উন্মুক্ত জলাশয়গুলি হইতে আস্রাবিত ও পরিষ্কার জল উহাদের প্রাচীরের উপর দিয়া এই পরিস্রুতি-আধারগুলিতে আসে এবং বালি ও পাথরের স্তর চুয়াইয়া পরিস্রুত হইয়া থাকে এবং জলাধারগুলির নিম্নে অবস্থিত পাইপে যায়। জলের অনেক জীবাণু সূর্যালোক ও বায়ুর সংস্পর্শে এই পরিস্রুতি-আধারগুলিতে ধ্বংস হয়। মাঝে মাঝে এই পরিস্রুতি-আধারগুলি পরিষ্কার করা হয় এবং পুরাতন বালি বদলাইয়া নূতন বালি রাখা হয়। এই আস্রাবিত ও পরিস্রুত জলের জীবাণু ব্লিচিং পাউডার, ক্লোরিন, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, ওজন-সমন্বিত অক্সিজেন অথবা অতি বেগুনী আলোক-রশ্মির সাহায্যে নষ্ট করা হয়। তাহার পর পাম্পের সাহায্যে একটি উঁচু জলাধারে সঞ্চিত করা হয় এবং বড় বড় নলের সাহায্যে সমস্ত শহরে সরবরাহ করা হয়।

পল্লী অঞ্চলে গৃহস্থরা তাহাদের প্রয়োজনের তাগিদে প্রাকৃতিক জলকে নিম্নলিখিত পদ্ধতির সাহায্যে পানের উপযোগী করিয়া থাকেন।

নদী, পুকুর ইত্যাদি হইতে জল সংগ্রহ করিয়া উহাকে প্রথমে ফুটান হয়। জলের মধ্যে যদি কোন ব্যাক্‌টিরিয়া থাকে ইহার ফলে তাহা ধ্বংস প্রাপ্ত হয়। অতঃপর একটি মাটির কলসীতে এই জল লইয়া উহাতে ফট্‌কিরি যোগ করা হয় যাহাতে জলে প্রলম্বিত ময়লাগুলি একত্রিত হইয়া ঘনীভূত হয়। এই কলসীর নীচে অনুরূপ দুইটি কলসী স্থাপন করা হয় এবং সর্বনিম্নে একটি উপযুক্ত

গ্রাহক রাখা হয়। কলসী তিনটির প্রত্যেকটির তলদেশে একটি করিয়া সরু ছিদ্র থাকে। দ্বিতীয় এবং তৃতীয় কলসীতে যথাক্রমে কাঠকয়লা এবং বালির একটি স্তর থাকে। প্রথম কলসী হইতে জল প্রথমে কাঠকয়লা ও পরে বালির স্তরের উপর পতিত হয় এবং এই ভাবে স্তরে স্তরে পরিস্রুত করিয়া উহাকে পানের উপযোগী করিয়া গ্রাহক পাত্রে সংগ্রহ করা হয়।

রসায়নাগারে ব্যবহারের উপযোগী জলঃ প্রাকৃতিক জল খানিকক্ষণ স্থিরভাবে রাখা হয়, ইহাতে জলের ভাসমান, ভারী অশুদ্ধিগুলি থিতাইয়া পাত্রের তলদেশে সঞ্চিত হয়। উপরিস্থিত অপেক্ষাকৃত স্বচ্ছ জল অতঃপর পরিস্রুত করা হয়। এইভাবে জল অদ্রাব্য ও ভাসমান অশুদ্ধি হইতে মুক্ত হয় এবং উহাকে দেখিতে বেশ স্বচ্ছ-বোধ হয়। এই পরিস্রুত-এ (জলে) দ্রাব্য অনুদ্বায়ী ও উদ্বায়ী পদার্থ থাকিয়া যায়।

স্বচ্ছ পরিস্রুৎকে তাম্র নির্মিত পাত্রে লইয়া টিন বা তাম্র নির্মিত শীতকার (condenser) ব্যবহার করিয়া পাতন ক্রিয়ার সাহায্যে দ্রাব্য অনুদ্বায়ী অশুদ্ধি হইতে পৃথক্ করা হয়। এইভাবে যে পাতিত জল পাওয়া যায় উহার সাহায্যে প্রায় সকল প্রকার রাসায়নিক কার্য সম্পন্ন করা সম্ভব। এই জল অদ্রাব্য অশুদ্ধি এবং দ্রাব্য অনুদ্বায়ী অশুদ্ধি হইতে মুক্ত হইলেও উহা রসায়নসম্মত বিশুদ্ধ জল নহে। কারণ, উহাতে দ্রাব্য উদ্বায়ী অশুদ্ধি বর্তমান।

অতঃপর অধিক বিশুদ্ধ জল পাইবার জন্য ফুটন্ত অবস্থায় এই পাতিত জলের ভিতর দিয়া ক্লোরিন গ্যাস কিছুক্ষণ ধরিয়া প্রবাহিত করা হয় এবং পরে ক্লোরিন গ্যাস চালনা বন্ধ করিয়া অতিরিক্ত ক্লোরিন স্ফুটনের সাহায্যে জল হইতে দূরীভূত করা হয়। ক্লোরিন প্রবাহের ফলে জল অ্যামোনিয়া মুক্ত হয়। অ্যামোনিয়া-মুক্ত এই জলের সহিত কিছু পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ও কষ্টিক পটাস মিশ্রিত করা হয় এবং উহাকে টিন বা রৌপ্যনির্মিত হিমকার ব্যবহার করিয়া পুনরায় পাতিত করা হয়। পাতিত জলের প্রথমাংশ ও শেষাংশ বাদ দিয়া মধ্যের অংশ জেনা বা পাইরেক্স কাচ নির্মিত পাত্রে সংগ্রহ করা হয়। এই জল বিশুদ্ধ জল। [জলে কোন জৈব অশুদ্ধি থাকিলে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট এবং কষ্টিক সোডার মিশ্রণ বা ক্লোরিন উহাদের জারিত করে। ফলে, জল জৈব অশুদ্ধি হইতে মুক্ত হয়।]

8-7. দ্রবণ, বিভিন্ন ধরনের দ্রবণ, দ্রাব্যতা

দ্রবণ (Solution) ঃ দ্রবণ সম্পর্কে পূর্বে (দ্বিতীয় অধ্যায়) খানিকটা আলোচনা করা হইয়াছে এবং তাহা হইতে তোমাদের হয়ত এ সম্পর্কে কিছুটা প্রাথমিক ধারণা জন্মিয়াছে। কিন্তু ঐ অধ্যায়ে দ্রবণের সঠিক সংজ্ঞা দেওয়া সম্ভব হয় নাই। এখন দ্রবণ সম্পর্কিত অনেক প্রাসঙ্গিক বিষয়ে তোমরা জ্ঞান লাভ করিয়াছ বলিয়া দ্রবণের সঠিক সংজ্ঞা তোমরা সহজেই বুঝিতে পারিবে। দুই বা ততোধিক পদার্থের সমসত্ত্ব মিশ্রণকে **দ্রবণ** বলে। দ্রবণটি যে সকল সময় তরল (liquid) হইবে এবং জলই যে কেবল একমাত্র দ্রাবক এমন কোন কথা নাই। উহা (দ্রবণ) কঠিন বা গ্যাসীয়ও হইতে পারে। ইথাইল অ্যালকোহল একটি তরল পদার্থ, ইহা জলের সহিত যে-কোন অনুপাতে মিশ্রিত হইয়া জল ও কোহলের (ইথাইল অ্যালকোহল) একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণ অর্থাৎ দ্রবণ গঠন করিতে পারে। বায়ু হইল প্রধানতঃ নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেনের সমসত্ত্ব মিশ্রণ ; সুতরাং বায়ুকে **গ্যাসীয় দ্রবণ** (gaseous solution) বলা যাইতে পারে। প্যালাডিয়াম একটি ধাতু, সাধারণ উষ্ণতায় ইহা কঠিন (solid) এবং ইহা হাইড্রোজেন গ্যাসকে দ্রবীভূত করিতে পারে। গলিত স্বর্ণের ভিতর রৌপ্য যোগ করিলে ঐ রৌপ্য স্বর্ণের ভিতর দ্রবীভূত হয় এবং উহাকে শীতল করিলে একটি কঠিন দ্রবণ (solid solution) উৎপন্ন হয়। এই সকল উদাহরণ হইতে স্পষ্টই বুঝিতে পারিতেছ যে 'দ্রবণ' বলিলেই যে 'তরলে কঠিনের দ্রবণ' বুঝাইবে তাহা নহে। এখন উপরোক্ত জল ও কোহলের সমসত্ত্ব মিশ্রণের (দ্রবণ) কথা স্মরণ কর। এক্ষেত্রে দ্রাবক কে ? —জল না কোহল ? প্রকৃতপক্ষে দ্রাবক এবং দ্রাবের মধ্যে কোন বাস্তব পার্থক্য নাই, শব্দ দুইটি সুবিধামত ব্যবহৃত হয়। দুইটি পদার্থ দ্বারা উৎপন্ন দ্রবণে যে-উপাদান পদার্থটির পরিমাণ অধিকতর তাহাকে দ্রাবক এবং অপর উপাদানটিকে দ্রাব বলা হয়। কিন্তু উপাদান পদার্থ দুইটির একটি যদি তরল পদার্থ হয় তাহা হইলে তরলটিকে দ্রাবক হিসাবে গণ্য করাই প্রচলিত রীতি। সামান্য পরিমাণ জলে অল্প অল্প করিয়া চিনি যোগ কর এবং নাড়িতে থাক। প্রথম প্রথম চিনি অতি দ্রুত দ্রবীভূত হইয়া যায় কিন্তু কিছুক্ষণ পরে চিনি আর দ্রবীভূত হয় না, উহা পাত্রের তলদেশে জমিতে থাকে। ইহা হইতে বুঝা যায় ঐ পরিমাণ জলের পক্ষে যতটা চিনি দ্রবীভূত করা সম্ভব ততটা দ্রবীভূত হইয়াছে। এক্ষেত্রে বলা হয় যে পরীক্ষাকালীন উষ্ণতায় দ্রবণটি চিনি দ্বারা সম্পৃক্ত হইয়াছে। দ্রবণে তাপ প্রয়োগ করিলে আরও খানিকটা চিনি

দ্রবীভূত হয় অর্থাৎ নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে যে-পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত হয় উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত তাহার পরিমাণও সাধারণতঃ বৃদ্ধি পাইয়া থাকে। আবার, দ্রবণের উষ্ণতা কমাইলে দেখা যায় যে, দ্রবণের উষ্ণতা হ্রাসের সঙ্গে সঙ্গে দ্রবণ হইতে দ্রবীভূত পদার্থ নির্দিষ্ট পরিমাণে পৃথক্ হইয়া পড়ে অর্থাৎ উষ্ণতা হ্রাসের সঙ্গে সঙ্গে দ্রবণীয়তা হ্রাস পায়। সুতরাং কোন্ পদার্থ কতটা দ্রবীভূত হয় তাহা নিরূপণ করিতে হইলে দ্রাবকের পরিমাণ জানা যেমন প্রয়োজন, পরীক্ষাকালীন উষ্ণতা জানাও সেইরূপ একেবারে অপরিহার্য। ইহাও পরীক্ষিত সত্য যে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন দ্রাবকে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় বিভিন্ন পদার্থ সাধারণতঃ বিভিন্ন পরিমাণে দ্রবীভূত হয়।

সম্পৃক্ত, অতিপৃক্ত ও অসম্পৃক্ত (Saturated, Supersaturated and Unsaturated) **দ্রবণ ঃ** একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন দ্রাবকের কোন পদার্থকে দ্রবীভূত করিবার ক্ষমতাও নির্দিষ্ট। এখন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে সর্বাধিক পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত হইয়া যে দ্রবণ তৈয়ারী করে তাহাকে সম্পৃক্ত দ্রবণ (**saturated solution**) বলা হয়। এই দ্রবণ ততক্ষণই সম্পৃক্ত বলিয়া গণ্য হইবে যতক্ষণ উষ্ণতার কোন পরিবর্তন হইবে না।

সম্পৃক্ত দ্রবণ তৈয়ারী করিতে যে-পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত করা প্রয়োজন তাহা অপেক্ষা কম দ্রাব দ্রবণে থাকিলে দ্রবণকে অসম্পৃক্ত (**unsaturated**) বলা হয়, কিন্তু অধিকতর পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে দ্রবণকে অতিপৃক্ত দ্রবণ (**supersaturated solution**) বলা হয়।

অতএব কোন দ্রাবকে দ্রাবের পরিমাণ একটি নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে পরিবর্তন করা যায় এবং ইহার ফলে সম্পৃক্ত, অসম্পৃক্ত ও অতিপৃক্ত দ্রবণ পাওয়া যায়। পূর্বেই দেখিয়াছ যে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন দ্রাবকে উচ্চতর উষ্ণতায় যে-পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে নিম্নতর উষ্ণতায় তাহা অপেক্ষা কম থাকে। সুতরাং কোন উষ্ণ সম্পৃক্ত দ্রবণ শীতল করিলে দ্রবণ হইতে নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাব পৃথক্ হইয়া পড়াই সাধারণ রীতি। কিন্তু কোন কোন ক্ষেত্রে দেখা যায় যে কোন উষ্ণ সম্পৃক্ত দ্রবণকে ধূলিকণা বা অদ্রবীভূত দ্রাবের অবর্তমানে শীতল করিলে দ্রবণ হইতে দ্রাব পৃথক্ হইয়া পড়ে না। এক্ষেত্রে এই অপেক্ষাকৃত নিম্ন উষ্ণতায় যে-পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত থাকিলে দ্রবণটি সম্পৃক্ত হয় তাহা

অপেক্ষা অধিকতর পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত অবস্থায় আছে। এইরূপ দ্রবণকে ঐ নির্দিষ্ট (নিম্নতর উষ্ণতা) উষ্ণতায় অতিপৃক্ত দ্রবণ হিসাবে গণ্য করা হয়।

একটি বড় পরীক্ষানলের অর্ধেক সোডিয়াম থায়োসালফেটের কেলাস দ্বারা ভর্তি করিয়া পরীক্ষানলটির মুখ তুলা দ্বারা বন্ধ কর যাহাতে পরীক্ষানলের ভিতর ধূলিকণা প্রবেশ করিতে না পারে। অতঃপর উহাকে ফুটন্ত জলের ভিতর রাখিয়া উত্তপ্ত কর। থায়োসালফেট নিজের কেলাস জলে দ্রবীভূত হয়। এখন ইহাকে অতি সতর্কতার সহিত শীতল করিলে দ্রবণ হইতে কোন কঠিন পৃথক্ হইয়া পড়ে না ; যদিও পরীক্ষা আরম্ভ করিবার পূর্বে সমস্ত থায়োসালফেটই শুষ্ক, কঠিন কেলাস আকারে বর্তমান ছিল। এই দ্রবণ অতিপৃক্ত দ্রবণের একটি প্রকৃষ্ট উদাহরণ। অতিপৃক্ত দ্রবণ প্রকৃতিতে অতি অস্থায়ী ধরনের হয়। ইহাকে একটু নাড়াচাড়া করিলে বা সামান্য পরিমাণে একটু দ্রাব ইহাতে যোগ করিলে অতিরিক্ত দ্রাব দ্রবণ হইতে পৃথক্ হইয়া পড়ে এবং দ্রবণটি পরীক্ষাকালীন উষ্ণতায় সম্পৃক্ত দ্রবণে পরিণত হয়। উপরোক্ত থায়োসালফেট দ্রবণে থায়োসালফেটের একটি ছোট কেলাস যোগ করিলে দ্রবণ হইতে কেলাস পৃথক্ হইতে থাকে এবং সমস্ত দ্রবণটি কঠিনাবস্থা প্রাপ্ত হয়।

দ্রাব্যতা (Solubility) : কোনও নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সর্বাধিক যে-পরিমাণ পদার্থ 100 গ্রাম ওজনের দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় সেই নির্দিষ্ট উষ্ণতায় গ্রাম হিসাবে ঐ পরিমাণকে ঐ দ্রাবকে উক্ত পদার্থের দ্রাব্যতা (solubility) বলা হয়। t°C তাপমাত্রায় m গ্রাম দ্রাব যদি y গ্রাম দ্রাবককে সম্পৃক্ত করে, তাহা হইলে ঐ দ্রাবের উক্ত দ্রাবকে t°C তাপমাত্রায় দ্রাব্যতা $=\frac{100m}{y}$.

৪-৪. জল একটি যৌগিক পদার্থ, মিশ্রণ নহে—জল যে একটি যৌগিক পদার্থ, মিশ্রণ নহে তাহা নিম্নলিখিত যুক্তিগুলির সাহায্যে প্রমাণ করা যায় :—

(i) যৌগিক পদার্থে উহার উপাদানগুলি সর্বদাই একটি নির্দিষ্ট অনুপাতে সংযুক্ত থাকে। যৌগিক পদার্থের ধর্ম উহার উপাদান মৌলগুলির ধর্ম হইতে স্বতন্ত্র। বিশুদ্ধ জলে আয়তন হিসাবে দুই ভাগ হাইড্রোজেন ও এক ভাগ অক্সিজেন এবং ওজন হিসাবে একভাগ হাইড্রোজেন ও আট ভাগ অক্সিজেন সর্বদাই সংযুক্ত থাকে। জলের ধর্ম উহার উপাদান মৌল হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ স্বতন্ত্র।

(ii) যৌগিক পদার্থ উৎপাদনে তাপের তারতম্য ঘটিবেই এবং কোন কোন ক্ষেত্রে আয়তনেরও তারতম্য ঘটিয়া থাকে। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত হইয়া যখন জল উৎপন্ন হয় তখন তাপের সৃষ্টি হয় এবং এই বিক্রিয়ায় আয়তনেরও তারতম্য ঘটে।

(iii) বিশুদ্ধ যৌগিক পদার্থের একটি নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক ইত্যাদি থাকে। সাধারণ বায়ুচাপে জলের স্ফুটনাঙ্ক 100°C এবং 0°C উষ্ণতায় জল বরফে পরিণত হইতে শুরু করে বা বরফ জলে পরিণত হইতে শুরু করে, যতক্ষণ পর্যন্ত এই অবস্থার পরিবর্তন চলিতে থাকে ততক্ষণ পর্যন্ত উষ্ণতার আর কোন পরিবর্তন ঘটে না।

(iv) কোন সহজ যান্ত্রিক উপায়ে জল হইতে উহার উপাদান হাইড্রোজেন বা অক্সিজেন পৃথক্ করা যায় না।

8-9. অক্সাইডের সহিত জলের বিক্রিয়া (Action of water on oxides)**:** অক্সাইড বলিতে কি বুঝায় তাহা পূর্বেই বর্ণনা করা হইয়াছে। এখানে আমরা ধাতব এবং অ-ধাতব অক্সাইডের সহিত জলের বিক্রিয়া আলোচনা করিব।

কতকগুলি ধাতব অক্সাইড জলে দ্রাব্য। প্রকৃতপক্ষে ইহারা জলের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রক্সাইড গঠন করে। এই হাইড্রক্সাইডগুলি ক্ষারীয় ধর্মসম্পন্ন এবং ইহাদের দ্রবণের সংস্পর্শে লাল লিটমাস নীলবর্ণ* ধারণ করে। জলের সহিত কয়েকটি ধাতব অক্সাইডের বিক্রিয়া নিম্নে সমীকরণের মাধ্যমে প্রকাশ করা হইল।

$Na_2O+H_2O=2NaOH$ (সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড)
$CaO+H_2O=Ca(OH)_2$ (ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড)
$MgO+H_2O=Mg(OH)_2$ (ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড)

কতকগুলি অ-ধাতব অক্সাইড জলে দ্রবণীয়। এক্ষেত্রে অক্সাইডগুলি জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া থাকে এবং ইহার ফলে বিভিন্ন অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সুতরাং এই জলীয় দ্রবণের সংস্পর্শে নীল লিটমাস লাল বর্ণ ধারণ করে। নিম্নে এই রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহের সমীকরণ এবং উৎপন্ন অ্যাসিডগুলির নাম দেওয়া হইল।

$CO_2+H_2O=H_2CO_3$ (কার্বনিক আসিড)
$SO_2+H_2O=H_2SO_3$ (সালফিউরাস অ্যাসিড)
$SO_3+H_2O=H_2SO_4$ (সালফিউরিক অ্যাসিড)

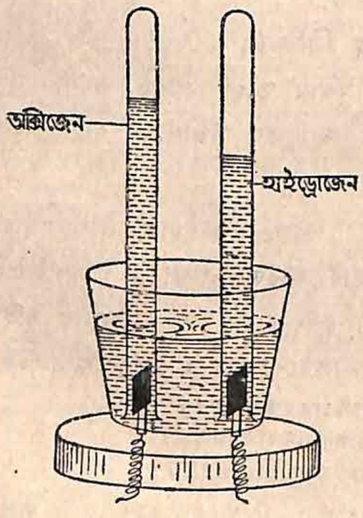
*MgO-এর দ্রবণে লাল লিটমাস নীল হয় না; কিন্তু ফিনল্‌থ্যালিনের সংস্পর্শে দ্রবণটি লাল হয়।

কতকগুলি ধাতব অক্সাইড, যথা—কপার অক্সাইড (CuO), ফেরিক অক্সাইড (Fe_2O_3) ইত্যাদি এবং কতকগুলি অধাতব অক্সাইড, যথা—কার্বন মনোক্সাইড (CO), নাইট্রিক অক্সাইড (NO) ইত্যাদি জলে অদ্রাব্য।

8-10. জলের সংযুতি (Composition of water) ঃ জলের সংযুতি বৈশ্লেষিক ও সাংশ্লেষিক (analytical and synthetic) এই উভয় প্রকার পদ্ধতিতেই নির্ধারণ করা হইয়াছে ঃ—

(i) **বৈশ্লেষিক পদ্ধতি**—জলকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। এই হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের আয়তন মাপিয়া জলের আয়তন সংযুতি নির্ণয় করা যায়।

পরীক্ষা ঃ একটি কাচের বাটির নীচের দিকে দুইটি প্লাটিনাম পাত খাড়াভাবে বসান থাকে। এই দুইটি প্লাটিনাম পাত একটি ব্যাটারীর পজিটিভ ও নেগেটিভ তড়িৎ মেরুর সঙ্গে লাগাইয়া দেওয়া হয়। খানিকটা বিশুদ্ধ জল দ্বারা প্লাটিনামের পাত দুইটি সম্পূর্ণরূপে ডুবাইয়া রাখা হয়। জলকে তড়িৎবাহী করিবার জন্য উহার সহিত একটু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করা হয়। দুইটি অংশাঙ্কিত নল অ্যাসিড মিশ্রিত এই জলে পূর্ণ করিয়া প্লাটিনামের পাতের উপর উপুড় করিয়া বসাইয়া বিদ্যুৎ পরিচালনা করা হয়। জলকে অপসারিত করিয়া উপুড়-করা নল দুইটিতে গ্যাস জমিতে থাকে। কিছুক্ষণ পরে তড়িত-প্রবাহ বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়।



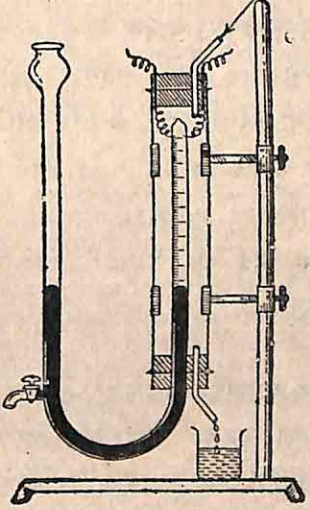
জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ

তড়িৎ-প্রবাহের ফলে দেখা যায় যে নেগেটিভ তড়িৎদ্বারে (ক্যাথোডে) সঞ্চিত গ্যাসের আয়তন পজিটিভ তড়িৎদ্বারে (অ্যানোডে) সঞ্চিত গ্যাসের আয়তনের দ্বিগুণ। ক্যাথোডে সঞ্চিত গ্যাসের মধ্যে একটি জলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে, শলাকাটি নিভিয়া যায় কিন্তু গ্যাসটি দপ্ করিয়া জলিয়া ওঠে।

সুতরাং উহা হাইড্রোজেন। অ্যানোডে সঞ্চিত গ্যাসের মধ্যে জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করাইলে, শলাকাটি উজ্জ্বল ভাবে জ্বলিতে থাকে কিন্তু গ্যাসটি জ্বলে না। সুতরাং উহা অক্সিজেন। অতএব দেখা যাইতেছে যে জলে দুই আয়তন হাইড্রোজেন এবং এক আয়তন অক্সিজেন বর্তমান।

(ii) **সাংশ্লেষিক পদ্ধতি** (হফ্ম্যানের পরীক্ষা) :

এই পরীক্ষাটি U-আকৃতিবিশিষ্ট একটি গ্যাসমান (eudiometer) যন্ত্রে চালান হয়। U-নলটির এক মুখ বন্ধ, অপর মুখটি খোলা এবং বাল্বের আকৃতিবিশিষ্ট। নলটির যে-দিক বন্ধ সেই দিকের বাহুটি অংশাঙ্কিত। অপর বাহুটির নিম্নের দিকে স্টপককযুক্ত একটি নির্গম-নল আছে। বন্ধমুখবিশিষ্ট বাহুটিকে ঘিরিয়া কঞ্চুকের ন্যায় আর একটি অধিকতর মোটা নল রাখা থাকে। বন্ধ মুখটির খানিকটা জায়গা উপযুক্ত ব্যবস্থামত গলাইয়া উহার সহিত দুইটি প্লাটিনাম তার লাগাইয়া দেওয়া হয়। প্রথমে বন্ধ বাহুটি পারদ দ্বারা সম্পূর্ণরূপে ভর্তি করিয়া লওয়া হয়, অতঃপর নির্গম-নলের সাহায্যে খানিকটা পারদ বাহির করা হয় এবং



সাংশ্লেষিক পদ্ধতি

অংশাঙ্কিত নলে পারদের উপরস্থ ফাঁকাস্থানে হাইড্রোজেন-অক্সিজেনের মিশ্রণ খানিকটা লওয়া হয়। হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন আয়তন হিসাবে 2 : 1 অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া উপরোক্ত মিশ্রণ তৈয়ারী করা হয়। একটি ফ্লাস্কে খানিকটা অ্যামাইল অ্যালকোহল লইয়া উহাকে ফুটান হয়। অ্যামাইল অ্যালকোহলের স্ফুটনাঙ্ক 132°C। সুতরাং অ্যামাইল অ্যালকোহল বাষ্পের উষ্ণতাও 132°C-এর কাছাকাছি। অংশাঙ্কিত নলটিকে ঘিরিয়া যে

মোটা নলটি আছে উহার ভিতর দিয়া এই অ্যামাইল অ্যালকোহল বাষ্প পরিচালিত করা হয় যাহার ফলে অংশাঙ্কিত বাহুটির এবং কাজে কাজেই উহার ভিতরস্থ মিশ্রণের উষ্ণতাও বৃদ্ধি পাইতে থাকে। এইভাবে বৃদ্ধি পাইতে পাইতে উষ্ণতা যখন স্থিরতা প্রাপ্ত হয় তখন উভয় বাহুর পারদের উপরিতল একই তলে আনিয়া গ্যাস মিশ্রণের আয়তন জানিয়া লওয়া হয়। প্রয়োজনবোধে স্টপকক্ খুলিয়া খানিকটা পারদ বাহির করিয়া দেওয়া হয়। উভয় বাহুর পারদ সম-তলে আনার অর্থ গ্যাস মিশ্রণের চাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সমান করা। অতঃপর উন্মুক্ত নলটির মুখ বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ দ্বারা চাপিয়া ধরা হয় এবং প্লাটিনাম তার দুইটি একটি আবেশ কুণ্ডলীর (induction coil) সহিত যুক্ত করিয়া গ্যাস মিশ্রণের ভিতর তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করা হয়। ইহার ফলে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন যুক্ত হইয়া স্টীম উৎপন্ন করে। গ্যাস মিশ্রণের উষ্ণতা জলের স্ফুটনাঙ্কের (100°C) অনেক ঊর্ধ্বে থাকে বলিয়া স্টীম উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি সংঘটিত হইবার পর উভয় বাহুতে পারদের উপরিতল পুনরায় একই তলে আনা হয় এবং উৎপন্ন স্টীমের আয়তন জানিয়া লওয়া হয়, অর্থাৎ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে স্টীমের আয়তন জানিয়া লওয়া হয়। সমস্ত পরীক্ষাটিতে দেখা যায় যে গ্যাসের আয়তনের সংকোচন ঘটে এবং পরীক্ষাটি যথাযথভাবে সম্পন্ন হইলে দেখা যায় যে উৎপন্ন স্টীমের আয়তন ব্যবহৃত মিশ্রণের আয়তনের দুই-তৃতীয়াংশ।

অতঃপর অ্যামাইল অ্যালকোহল বাষ্প পরিচালনা বন্ধ করা হয় যাহার ফলে যন্ত্রটির উষ্ণতা ক্রমশঃ হ্রাস পায় এবং স্টীম ঘনীভূত হইতে থাকে। এখন যন্ত্রটির খোলা মুখ দিয়া অধিক পরিমাণে পারদ প্রবেশ করাইলে দেখা যায় যে স্টীমের আয়তন ক্রমশঃ হ্রাস পাইতে থাকে এবং পারদ উপরের দিকে উঠিতে থাকে। এইভাবে সমস্ত স্টীম যখন ঘনীভূত হইয়া তরলে পরিণত হয়, বন্ধমুখ বাহুটি তখন পারদ দ্বারা সম্পূর্ণরূপে ভর্তি হইয়া যায়। অতএব, গ্যাস মিশ্রণটির সমস্তটাই ব্যয়িত হইয়া যায়—কিছুই উদ্বৃত্ত থাকে না। ইহা হইতে বুঝা যায় যে একই উষ্ণতা ও চাপে আয়তন হিসাবে দুই ভাগ হাইড্রোজেন এবং একভাগ অক্সিজেন পরস্পরে যুক্ত হইয়া দুইভাগ স্টীম উৎপন্ন করে। অর্থাৎ, আয়তন হিসাবে হাইড্রোজেন : অক্সিজেন : স্টীম $= 2 : 1 : 2$ এবং ইহাই জলের আয়তন সংযুতি।

Questions

1. Classify water according to its source. What impurities are generally present in different samples of water collected from different sources ?

[উৎস অনুসারে প্রাকৃতিক জলের শ্রেণীবিভাগ কর। বিভিন্ন উৎস হইতে সংগৃহীত বিভিন্ন নমুনার জলে সাধারণতঃ কি কি অশুদ্ধি থাকে ?]

2. What are the uses of water ? Briefly mention the nature of impurities that will make water unsuitable for drinking. What are the essential qualities of drinking water ? State how natural water is purified for drinking purpose in municipal towns and big cities.

[জলের ব্যবহার কি কি ? কোন্ কোন্ অশুদ্ধির জন্য জল পানের অযোগ্য হয় তাহা সংক্ষেপে উল্লেখ কর। পানীয় জলের কি কি গুণ থাকা প্রয়োজন ? মিউনিসিপ্যাল এবং বড় বড় শহরে প্রাকৃতিক জলকে কি প্রকারে বিশুদ্ধ করিয়া পানের উপযোগী করা হয় তাহা বিবৃত কর।]

3. State the types of impurities that are usually met with in natural water. How would you obtain chemically pure water from natural water ?

[প্রাকৃতিক জলে সাধারণতঃ কি ধরনের কি অশুদ্ধি থাকে তাহা বিবৃত কর। কি প্রকারে প্রাকৃতিক জল হইতে রসায়নসম্মত বিশুদ্ধ জল প্রস্তুত করিবে ?]

4. Prove that water is a chemical compound and not a mixture.

[প্রমাণ কর যে জল একটি যৌগিক পদার্থ, মিশ্রণ নহে।]

5. What is meant by hard and soft water ? What are the causes of hardness of water ? State how you would remove different kinds of hardness.

[খর জল ও মৃদু জল বলিতে কি বুঝায় ? জলের খরতার কারণ কি ? কি উপায়ে বিভিন্ন ধরনের খরতা দুর করিবে তাহা বিবৃত কর।]

6. What is meant by potable and non-potable water ? What are the disadvantages of using hard water in laundry and for cooking ?

[পেয় এবং অপেয় জল বলিতে কি বুঝায় ? লণ্ড্রী এবং রন্ধন কার্যে খর জল ব্যবহার করিবার কি কি অসুবিধা ?]

7. Describe an experiment by means of which you can prove that water contains two volumes of hydrogen and one volume of oxygen.

[এরূপ একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর যাহা দ্বারা তুমি প্রমাণ করিতে পার যে জলে দুই আয়তন হাইড্রোজেন এবং এক আয়তন অক্সিজেন আছে।]

8. Describe a synthetic method for determining the composition of water.

[জলের সংযুতি নির্ধারণ করিবার একটি সাংশ্লেষিক পদ্ধতি বর্ণনা কর।]

9. What is meant by 'saturated, unsaturated and supersaturated solution'? Define solubility. Is it essential to specify temperature while mentioning the solubility of a substance?

[সম্পৃক্ত, অসম্পৃক্ত ও অতিপৃক্ত দ্রবণ বলিতে কি বুঝায়? 'দ্রাব্যতা'র সংজ্ঞা লিখ। কোন পদার্থের দ্রাব্যতা বিবৃত করিতে উষ্ণতা উল্লেখ করা কি অপরিহার্য?]

10. Both air and water contain oxygen as the common constituent. What are the evidences to indicatee that in one case the common constituent is chemically combined while in the other it merely forms a part of a mechanical mixture?

[বায়ু এবং জলের সাধারণ উপাদান অক্সিজেন। এই সাধারণ উপাদানটি যে একটির মধ্যে মিশ্রণরূপে এবং অপরটির মধ্যে রাসায়নিকভাবে যুক্ত আছে তাহার সমর্থনে কি কি যুক্তি আছে?]

Sample questions for informal objective type test.

(A) Alternate response type :

(i) *True or False type* :

[Put a T against a correct statement and a F against a wrong one in the space provided (marked with a dash) for the purpose,]

(a) Manganese dioxide acts as a catalyst in the preparation of oxygen from potassium chlorate. —

(b) Oxygen cannot be obtained from potassium chlorate by heat unless a little manganese dioxide is added. —

(c) Oxygen burns. —

(d) All types of hardness may be removed by permutit method. —

(e) Nitrogen obtained from air is heavier than nitrogen obtained from its compounds. —

(ii) *Yes or No type* : —

[Say Yes or No]

(a) Is oxygen combustible? —

(b) Can respiration be termed as combustion? —

(c) Does hydrogen burn? —

(d) Is distilled water suitable for drinking? —

(e) Does the solubility of a solute depend on temperature? —

(f) Is nitrogen a reactive element? —

(B) Recall type :

[Write down an appropriate word on the right hand side against each of the following sentences in the space marked with a dash (—) for filling up the gaps.]

(i) The substance, which by its mere presence — the rate of a chemical reaction is called a negative catalyst. —

(ii) — is a chemical reaction, which is attended with evolution of heat and light. —

(iii) If a solution can dissolve more solute when brought in contact with it, then the solution must be —. —

(iv) Hydrogen in its — state is a more powerful reducing agent than ordinary hydrogen.

C. Strike off the irrelevant portion to give a complete correct statement :

(i) Water is a *mechanical mixture/chemical compound* of hydrogen and oxygen.

(ii) Air is a *chemical compound/mechanical mixture* of hydrogen and oxygen.

(iii) Hydrogen is prepared in the laboratory by action of cold and dil. sulphuric acid on *zinc/copper*.

(iv) Hydrogen is obtained by decomposing water at room temperature with *iron/sodium/aluminium*.

D. Condensation type.

[Express each of the following in one word.]

(i) Dissolution of hydrogen in certain metals. —

(ii) The substance which influences a chemical reaction, but remains unchanged in mass and chemical composition. —

(iii) Reaction attained with evolution of heat and light. —

নবম অধ্যায়

অণু, পরমাণু, চিহ্ন, সঙ্কেত ও সমীকরণ

(Molecules, atoms, symbols, formulae and equations)

9-1. অণু ও পরমাণু (Molecules and Atoms) : বহু প্রাচীনকাল হইতেই তৎকালীন মনীষিগণ পদার্থের বিভিন্ন অবস্থান্তর দেখিয়া পরমাণুর কল্পনা করিয়াছিলেন। এবিষয়ে ভারতীয় মনীষী কনাদ এবং গ্রীক দার্শনিক ডিমোক্রিটাসের নাম সর্বাগ্রে স্মরণীয়। কিন্তু তাঁহাদের এই কল্পনার মূলে তথ্যমূলক বৈজ্ঞানিক ভিত্তি কিছুই ছিল না। পদার্থের গঠনে পরমাণু সম্পর্কিত সর্বপ্রথম সুনির্দিষ্ট বৈজ্ঞানিক মতবাদ ব্রিটিশ-বিজ্ঞানী জন ডালটনেরই অবদান।

1811 খ্রীষ্টাব্দে ইতালীয় পদার্থবিদ্ অ্যাভোগ্যাড্রো পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা, যাহার স্বাধীন এবং পৃথক্ অস্তিত্ব আছে তাহাকে প্রকাশ করার জন্য 'molecule' অর্থাৎ অণু শব্দটির উদ্ভাবন করেন। ইহার কয়েক বৎসর পূর্বে যে-কোন পদার্থের ক্ষুদ্রতম অংশকে ডালটন 'atom' অর্থাৎ পরমাণু নামে অভিহিত করেন। পরমাণু অর্থাৎ 'atom' এই শব্দটি গ্রীক শব্দ 'atmos' (যাহার অর্থ অবিভাজ্য) হইতে উদ্ভূত। সুতরাং যৌগিক পদার্থ, যথা—অ্যামোনিয়া, জল প্রভৃতির যে ক্ষুদ্রতম কণা, যাহার স্বাধীন ও পৃথক্ সত্ত্বা আছে এবং যাহাতে মূল পদার্থের সমস্ত ধর্ম বিদ্যমান তাহার সার্থক পরিচয়ের পক্ষে এই শব্দটি (পরমাণু) একেবারেই অনুপযোগী। কারণ, এই সকল পদার্থের ক্ষুদ্রতম অংশ অবশ্যই বিভাজ্য ; জলের ভিতর হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন অবশ্যই থাকিবে। ইহা সত্ত্বেও মৌলিক বা যৌগিক সকল প্রকার পদার্থেরই ক্ষুদ্রতম কণিকাকে ডালটন পরমাণু বা atom নামে অভিহিত করেন যাহার ফলে নানাপ্রকার ত্রুটিপূর্ণ সিদ্ধান্ত, প্রতিষ্ঠিত বিধির ব্যতিক্রম এবং বিবিধ অস্বাভাবিক সমস্যার আবর্তে নিমজ্জিত হইয়াছিলেন বিজ্ঞানীরা। পরবর্তীকালে এই সকল মৌলিক কণিকা (fundamental particles) সম্পর্কে ধারণা সুস্পষ্ট হইবার সাথে সাথেই সমস্যা সমাধানের পথ বাহির হইয়াছে।

মৌলিক পদার্থের যে ক্ষুদ্রতম অবিভাজ্য অংশ, যাহাতে মৌলিক পদার্থটির সকল ধর্ম বর্তমান তাহাকেই ঐ মৌলিক পদার্থের পরমাণু বলে। এই পরমাণু যদি স্বাধীন ও স্বতন্ত্র সত্ত্বাবিশিষ্ট হয় তাহা হইলে ইহা ঐ মৌলিক পদার্থটির অণুও বটে। এই স্বাধীন সত্ত্বাবিশিষ্ট পদার্থ কণাতে যদি একাধিক পরমাণু থাকে তাহা হইলে পরমাণুর সংখ্যা অনুযায়ী অণুকে দ্বি-পরমাণুক, ত্রি-পরমাণুক ইত্যাদি বলা হয়। আরগন, নিয়ন প্রভৃতি নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ এবং ধাতব মৌলগুলির বেশীর ভাগই বাষ্পীয় অবস্থায় এক পরমাণুক। মৌলিক গ্যাসসমূহ যথা—হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ইত্যাদি গ্যাসের অণু দ্বি-পরমাণুক।

যৌগের ক্ষেত্রে পৃথক্ সত্তাবিশিষ্ট ক্ষুদ্রতম অংশই ঐ যৌগের অণু। এই অণুতে বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণু থাকে। অজৈব পদার্থের অণুতে অল্পসংখ্যক পরমাণু থাকে। কিন্তু এরূপ অনেক জৈব যৌগ (organic compound) আছে যাহাদের অণুতে হাজার হাজার পরমাণু বর্তমান। আমরা যে কাগজে লিখি উহা মূলত সেলুলোজ এবং উহাতে কার্বন, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন মাত্র এই তিনটি মৌলিক পদার্থের হাজার হাজার পরমাণু বর্তমান। এই মৌলিক পদার্থগুলি অর্থাৎ কার্বন, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন 6 : 10 : 5 এই অনুপাতে লেলুলোজে বর্তমান।

অণু, পরমাণু এত ক্ষুদ্র যে সর্বাপেক্ষা শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্রেও ইহারা দৃষ্টিগোচর হয় না। ইহাদের ব্যাস 10^{-8} cm বা অনুরূপ মাত্রার হইয়া থাকে।

উপরোক্ত আলোচনা হইতে অণু ও পরমাণুর সংজ্ঞা নিম্নলিখিতভাবে দেওয়া যাইতে পারে—

অণু (molecules) : অণু হইল মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা যাহা স্বাধীনভাবে থাকিতে পারে এবং পদার্থের মূল ধর্মগুলি বজায় রাখে। অতএব কোন পদার্থের ধর্ম = অণুর ধর্ম।

পরমাণু (atom) : মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণাই পরমাণু।

(i) ইহাদের গুন মৌলিক পদার্থের গুণ হইতে অভিন্ন।

(ii) ইহারা সাধারণতঃ স্বাধীনভাবে থাকিতে পারে না। স্বাধীন ও স্বতন্ত্র সত্তাবিশিষ্ট হইলে, ইহাদের সহিত অণুর কোন পার্থক্য থাকে না অর্থাৎ, ইহারা মৌলিক পদার্থের অণুও বটে।

(iii) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ইহারাই অংশ গ্রহণ করিয়া থাকে।

(iv) অণুকে রাসায়নিক উপায়ে বিশ্লিষ্ট করা যায় কিন্তু পরমাণুকে এই ভাবে বিশ্লিষ্ট করা যায় না।

অণুই হইল যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা। যৌগিক পদার্থের অণুগুলি বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সমাবেশে গঠিত। পক্ষান্তরে মৌলিক পদার্থের অণু একই প্রকারের পরমাণুর দ্বারা গঠিত।

9-2. পারমাণবিক ও আণবিক গুরুত্ব (Atomic and molecular weight) : প্রতিটি মৌলিক পদার্থ একই ধর্মের এক বা একাধিক পরমাণু দ্বারা গঠিত ; কিন্তু বিভিন্ন ধর্মবিশিষ্ট পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত হয় যৌগিক পদার্থ।

এই পরমাণুগুলি এত ক্ষুদ্র যে ইহাদিগকে সরাসরি ওজন করা যায় না। পক্ষান্তরে ইহাদের যে-ওজন পরোক্ষভাবে বাহির করা হইয়াছে সেই ক্ষুদ্রসংখ্যার ব্যবহার বিশেষ সুবিধাজনক নহে। এই সকল কারণে রসায়নবিদ্‌গণ পরমাণুর ওজন প্রকাশের এক বিশেষ পদ্ধতি প্রচলন করিয়াছেন। এই পদ্ধতি অনুসারে হাইড্রোজেনকে প্রমাণ পদার্থ ধরা হইয়াছে। কেননা হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা হাল্‌কা মৌলিক পদার্থ। ইহার একটি পরমাণুর ওজনকে একক ধরা হইয়াছে। একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনায় কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণু যতগুণ ভারী সেই সংখ্যাটিকেই ঐ মৌলিক পদার্থের পরমাণবিক গুরুত্ব বা ওজন বলা হয়।

$$\therefore \text{মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব বা ওজন} = \frac{\text{মৌলের একটি পরমাণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন}}$$

অতএব, দেখা যাইতেছে যে পারমাণবিক গুরুত্ব বলিতে একটি 'ratio' তথা অনুপাতকে বুঝায়; ইহা একটি সংখ্যামাত্র এবং এই কারণে ইহাকে ওজন না বলিয়া গুরুত্ব বলাই শ্রেয়ঃ। ব্রোমিনের পারমাণবিক গুরুত্ব 80 বলিলে, ব্রোমিনের একটি পরমাণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু অপেক্ষা 80 গুণ ভারী বুঝাইবে।

কিন্তু বর্তমানে হাইড্রোজেনকে আর প্রমাণ পদার্থ হিসাবে গণ্য করা হয় না। ইহার পরিবর্তে অক্সিজেনকে প্রমাণ পদার্থ হিসাবে গ্রহণ করা হইয়াছে এবং এরূপ একটি একক ধরা হইয়াছে, যাহার পরিমাপে অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব হয় 16। অর্থাৎ, সূক্ষ্ম গণনায় অক্সিজেনকে **16** ধরিয়া উহার অনুপাতে অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব প্রকাশ করা হয়। ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব 35·5। নূতন পদ্ধতি অনুযায়ী ইহার অর্থ হইল ক্লোরিনের একটি পরমাণু অক্সিজেনের একটি পরমাণুর $\frac{1}{16}$ অংশ অপেক্ষা **35**·5 গুণ ভারী। অর্থাৎ,

$$\frac{\text{ক্লোরিনের একটি পরমাণুর ওজন}}{\text{অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ওজন}} \times 16 = 35{\cdot}5 \text{।}$$

অক্সিজেনকে প্রমাণ পদার্থ হিসাবে গণ্য করিবার কারণ—

(i) হাইড্রোজেন=**1** ধরিয়া গণনা করিলে বিভিন্ন মৌলের যে-পারমাণবিক গুরুত্বগুলি পাওয়া যায় উহারা প্রায়শঃই পূর্ণ সংখ্যা হয় না। পক্ষান্তরে অক্সিজেন=16 ধরিয়া গণনা করিলে পারমাণবিক গুরুত্বগুলি প্রায়শঃই পূর্ণসংখ্যা হইয়া থাকে এবং এই এককের পরিমাপে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু=1·008। (ii) পূর্বেই বলা হইয়াছে যে পারমাণবিক গুরুত্ব একটি

সংখ্যা মাত্র, দুইটি ওজনের অনুপাত। হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা হাল্‌কা মৌলিক পদার্থ, সুতরাং ইহার পরিমাপে অন্যান্য মৌলিক পদার্থ কতগুণ ভারী তাহা নির্ণয়ে ভুল-ত্রুটি হইবার সম্ভাবনা, কিন্তু অক্সিজেনের সাহায্যে পরিমাপ করিলে ভুলত্রুটি থাকিবার সম্ভাবনা অনেক কম। (iii) পরিশেষে মৌলিক পদার্থগুলির হাইড্রোজেন অপেক্ষা অক্সিজেনের প্রতি আসক্তি প্রবলতর বলিয়া উহারা অক্সিজেনের সহিত অপেক্ষাকৃত সহজে যুক্ত হয় এবং ইহাদের অক্সিজেন যৌগের (oxygen compound) সংখ্যা হাইড্রোজেন যৌগের সংখ্যা অপেক্ষা বেশী।

আণবিক গুরুত্ব (molecular weight): কোন পদার্থের একটি অণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু অপেক্ষা যতগুণ ভারী সেই গুণিতক সংখ্যাটিকে ঐ পদার্থের আণবিক গুরুত্ব বলা হয়।

$$\text{অর্থাৎ, আণবিক গুরুত্ব} = \frac{\text{পদার্থের একটি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন}}$$

ক্লোরিনের আণবিক গুরুত্ব 71। ইহার অর্থ, ক্লোরিনের একটি অণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু অপেক্ষা 71 গুণ ভারী। এক্ষেত্রেও সূক্ষ্ম গণনায় অক্সিজেনকে 16 ধরিয়া উহার পরিমাপে অন্যান্য পদার্থের আণবিক গুরুত্ব নির্ধারণ করা হয়।

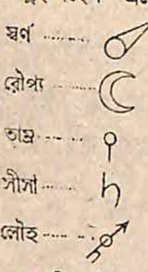
$$\text{অর্থাৎ, আণবিক গুরুত্ব} = \frac{\text{পদার্থের একটি অণুর ওজন}}{\text{একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন}} \times 16 \text{।}$$

অতএব, আণবিক গুরুত্বও একটি সংখ্যামাত্র। কোন পদার্থের আণবিক গুরুত্ব সেই পদার্থ যে যে পরমাণুর যতগুলির সমন্বয়ে গঠিত সেই সেই পরমাণুর ততগুলি পারমাণবিক গুরুত্বের সমষ্টি। একটি অণু সোডিয়াম কার্বনেটে দুইটি সোডিয়াম, একটি কার্বন এবং তিনটি অক্সিজেন পরমাণু বর্তমান। সুতরাং, সোডিয়াম কার্বনেটের আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 23 + 1 \times 12 + 3 \times 16 = 46 + 12 + 48 = 106$।

পারমাণবিক গুরুত্ব গ্রামে প্রকাশ করিলে তাহাকে গ্রাম-পারমাণবিক গুরুত্ব বা গ্রাম-পরমাণু (gram atomic weight or gram atom) বলে। যেমন, অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 16 এবং এক গ্রাম-পরমাণু অক্সিজেন বলিলে 16 গ্রাম অক্সিজেনকে বুঝায়। সেইরূপে পদার্থের আণবিক-গুরুত্ব সংখ্যক গ্রাম ওজনের পরিমাণকে গ্রাম-আণবিক ওজন বা গ্রাম-অণু (gram molecular weight or gram molecule) বলা হয়। যেমন, জলের আণবিক গুরুত্ব 18, সুতরাং এক গ্রাম-অণু জল = 18 গ্রাম। অতএব, দেখা যাইতেছে যে গ্রাম-পরমাণু ও গ্রাম-অণু একটি ওজনের পরিমাণ এবং প্রত্যেক পদার্থের ক্ষেত্রে ইহারা নির্দিষ্ট পরিমাণ ওজন নির্দেশ করে।

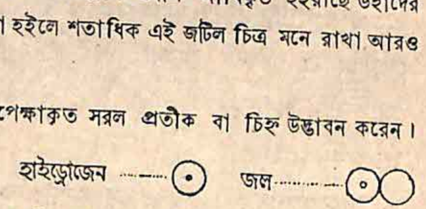
9-3. **চিহ্ন ও সংকেত** (Symbols and Formula) : যাহা দ্বারা মৌলিক পদার্থের নাম সংক্ষেপে প্রকাশ করা হয় তাহাকে **চিহ্ন** (symbol) বলে, অর্থাৎ **মৌলিক পদার্থের নামের সংক্ষেপ বা সাঙ্কেতিক পরিচয়কে চিহ্ন বলে।**

পদার্থের নাম ও উহার অন্তর্গত অণু-পরমাণুর সংখ্যা ভাষায় প্রকাশ করিয়া পদার্থের রাসায়নিক পরিচিতি প্রদান করা খুবই অসুবিধাজনক। এই কারণে প্রাচীনকাল হইতেই এই অসুবিধা দূর করিবার উদ্দেশ্যে নানা সময়ে নানা রকমে চেষ্টা করা হইয়াছে। বহু প্রাচীনকালে গ্রীকগণ পদার্থের পরিচয় প্রকাশ করিবার জন্য কতকগুলি প্রতীক বা চিহ্নের প্রচলন করেন। এই চিহ্নের কতকগুলি হইল পদার্থের গ্রীক নামের সঙ্কোচন এবং কতকগুলি বিভিন্ন গ্রহের চিহ্ন ছাড়া আর কিছুই নহে। গ্রহের চিহ্নগুলি দ্বারা ধাতুশ্রেণীর পদার্থকেই বুঝান হইত। যেমন—সূর্য=স্বর্ণ, চন্দ্র=রৌপ্য, ভেনাস (শুক্র)=তাম্র, স্যাটার্ণ (শনি)=লেড (সীসা), মার্স (মঙ্গল)=লৌহ ইত্যাদি। এই সকল চিহ্নগুলি দেখিতে কিরূপ তাহা সংলগ্ন চিত্র দেখিলেই বুঝিতে পারিবে। 'বিভিন্ন ধাতু যে বিভিন্ন গ্রহের প্রতিভূ'—অ্যালকেমিবিদ্‌গণও এই দর্শনে অনেকটা উদ্বুদ্ধ হইয়াছিলেন। এইরূপ ধারণার মূল উৎস হইল ব্যাবিলনিয়া (Babylonia)। আজও সিলভার নাইট্রেটকে লুনার কষ্টিক বলা হয় এবং পারদকে গ্রহের নামানুসারে মারকারি হিসাবে পরিচিত হইতে দেখি। এই সকল চিহ্নগুলির সবগুলিই বিশেষ জটিল। ইহা ছাড়া, আজ পর্যন্ত যে শতাধিক মৌল আবিষ্কৃত হইয়াছে উহাদের যদি এইরূপ চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করিতে হয়, তাহা হইলে শতাধিক এই জটিল চিত্র মনে রাখা আরও অসুবিধাজনক হইবে।



প্রাচীন গ্রীকগণ কর্তৃক উদ্ভাবিত চিহ্ন

এই জটিলতা দূর করিবার মানসে ডালটন অপেক্ষাকৃত সরল প্রতীক বা চিহ্ন উদ্ভাবন করেন। তিনি বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুকে প্রকাশ করিবার জন্য রেখা, বিন্দু বা অক্ষর সমন্বিত বৃত্তাকার চিত্রের প্রচলন করেন এবং এই সকল চিত্রের যথোপযুক্ত সমাবেশে তিনি তাহার "কম্পাউণ্ড অ্যাটম" (যাহা আমরা molecule বা অণু বলিয়া জানি) প্রকাশ করিতে প্রয়াস পাইয়াছিলেন। ডালটন-উদ্ভাবিত প্রতীক এবং উহার সাহায্যে যৌগ পদার্থের সাঙ্কেতিক পরিচয়ের কয়েকটি নমুনা পার্শ্বের চিত্রে দেওয়া হইল। ডালটন উপস্থাপিত এই পদ্ধতিতে প্রতিটি প্রতীক বা চিহ্ন এক-একটি পরমাণুকে সূচিত করে। ইহা আরও বলে কোন যৌগের সঙ্কেত ঐ যৌগের উপাদান মৌলের চিহ্নের সমাবেশে গঠিত। পরিশেষে একটি অণুতে কতকগুলি পরমাণু



ডালটন উদ্ভাবিত চিহ্ন এবং যৌগিক পদার্থের সঙ্কেত

বর্তমান ইহা তাহাও প্রকাশ করে। এসত্ত্বেও এই পদ্ধতি পুরাতন পদ্ধতি হইতে বিশেষ সুবিধাজনক নহে। কারণ, ডালটন-উদ্ভাবিত প্রতীকগুলি পুরাতন পদ্ধতিসমূহের প্রতীক বা চিহ্ন হইতে খুব একটা কিছু উন্নততর নহে এবং ইহাদের বেশীরভাগই মনে রাখা বিশেষ কষ্টকর।

সৌভাগ্যক্রমে 1814 খ্রীষ্টাব্দে বা উহারও কিছু পূর্বে (সম্ভবতঃ 1811 খ্রীষ্টাব্দে) সুইডিশ বিজ্ঞানী বার্জেলিয়াস একটি সহজ পদ্ধতি উদ্ভাবন করেন। প্রতীক বা চিহ্ন প্রকাশের এই পদ্ধতিই আজ প্রচলিত। এই পদ্ধতিতে মৌলিক পদার্থকে উহার ইংরাজী নামের প্রথম অক্ষরটি দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। যেমন—হাইড্রোজেন (Hydrogen)—H, অক্সিজেন (Oxygen)—O, নাইট্রোজেন (Nitrogen)—N ইত্যাদি। যে-ক্ষেত্রে একাধিক মৌল আদ্যক্ষরবিশিষ্ট হয় সে-ক্ষেত্রে একটি মৌলকে ঐ আদ্যক্ষর দ্বারা এবং অপরাপর মৌলগুলিকে ঐ আদ্যক্ষর এবং অপর একটি অক্ষর দ্বারা (আদ্যক্ষরটি বড় হাতের এবং অপর অক্ষরটি ছোট হাতের) চিহ্নিত করা হয়। যেমন—বোরন (Boron)—B, বেরিয়াম (Bariam)—Ba, ব্রোমিন (Bromine)—Br ইত্যাদি।

কোন কোন মৌলিক পদার্থের ক্ষেত্রে এই প্রতীক বা চিহ্ন উহাদের লাটিন নাম হইতে দেওয়া হইয়াছে। যেমন—

ইংরাজী নাম	লাটিন নাম	চিহ্ন
অ্যান্টিমনি	Stibium	Sb
কপার	Cuprum	Cu
গোল্ড	Aurum	Au
আয়রন	Ferrum	Fe
সিলভার	Argentum	Ag
পটাসিয়াম	Kalium	K
সোডিয়াম	Natrium	Na
মারকারি	Hydrargyrum	Hg
টিন	Stannum	Sn
লেড	Plumbum	Pb

কোন কোন ক্ষেত্রে আবার এই চিহ্ন মৌলিক পদার্থের জার্মান নাম হইতে আসিয়াছে। যেমন—টাংস্টেনের চিহ্ন "*W*" উহার জার্মান নাম wolfram হইতে উদ্ভূত। চিহ্নের **আদিক** (qualitative) ও **মাত্রিক** (quantitative) দুইটি দিকই আছে। চিহ্নের তাৎপর্য তিনটি—(i) প্রথমত ইহা মৌলটিকে বুঝায়। (ii) দ্বিতীয়ত শুধু চিহ্নটি লিখিলে উহা একটি মাত্র পরমাণুকে বুঝায়। (iii) তৃতীয়ত ইহা নির্দিষ্ট গুরুত্ব অর্থাৎ পারমাণবিক গুরুত্ব প্রকাশ করে।

H লিখিলে বা বলিলে আমরা হাইড্রোজেন, এক পরমাণু হাইড্রোজেন এবং একভাগ ওজনের হাইড্রোজেন—তিনটি জিনিসই একসঙ্গে বুঝিয়া থাকি।

যৌগিক বা মৌলিক যে-কোন প্রকার অণুকে উহার নামের পরিবর্তে কতকগুলি চিহ্ন বা চিহ্ন ও সংখ্যার সমন্বয়ে প্রকাশ করা হয়। ইহাকে **সঙ্কেত** (formula) বলে। মৌলিক পদার্থের অণুতে এক বা একাধিক (একই প্রকারের) পরমাণু বর্তমান। যৌগিক পদার্থের অণু সর্বদাই একাধিক মৌলের পরমাণুর সমবায়ে গঠিত। মৌলিক পদার্থের অণু যদি একাধিক পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত হয় তাহা হইলে একটি অণুতে যতগুলি পরমাণু থাকে সেই সংখ্যাটি মৌলটির চিহ্নের ডান দিকে এবং একটু নীচে লিখিয়া ঐ মৌলটির সঙ্কেত প্রকাশ করাই প্রচলিত রীতি। যেমন—হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ইত্যাদির প্রতি অণুতে দুইটি করিয়া পরমাণু বর্তমান এবং উহাদের সঙ্কেত যথাক্রমে H_2 ও N_2। যৌগিক পদার্থের ক্ষেত্রে গঠনকারী উপাদান পরমাণুগুলি পাশাপাশি লিখিয়া পরমাণু-সংখ্যা পরমাণু-প্রতীকের ডানদিকে এবং একটু নীচে বসাইয়া যৌগটির সঙ্কেত প্রকাশ করা হইয়া থাকে। জলের অণুতে আছে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং একটি অক্সিজেন-পরমাণু; সালফিউরিক অ্যাসিডের অণুতে আছে দুইটি হাইড্রোজেন-পরমাণু, একটি সালফার-পরমাণু এবং চারটি অক্সিজেন-পরমাণু। সুতরাং, জল এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্কেত যথাক্রমে H_2O এবং H_2SO_4।

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, এক অণু হাইড্রোজেনে 2-টি হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান এবং ইহার সঙ্কেত লেখা হয় H_2। কিন্তু 2H-লিখিলে তাহা দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে বুঝায়। $3H_2$-দ্বারা তিনটি হাইড্রোজেন অণুকে বুঝান হইয়া থাকে এবং ইহাতে 6-টি হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান। 6-টি হাইড্রোজেন পরমাণুকে প্রকাশ করা হয় 6H লিখিয়া। সেইরূপে $6N_2$ দ্বারা 6-টি নাইট্রোজেন অণু কিন্তু 6N দ্বারা 6-টি নাইট্রোজেন পরমাণুকে বুঝান হইয়া থাকে। অতএব, চিহ্ন এবং সঙ্কেতের সম্মুখে অর্থাৎ বামদিকে সংখ্যা বসাইয়া যথাক্রমে মোট পরমাণু ও অণুর সংখ্যা বুঝান হয়।

দুইটি মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত যৌগিক পদার্থের ক্ষেত্রে ধাতু বা অধিকতর পজিটিভ তড়িৎধর্মী মৌলের চিহ্ন প্রথমে অর্থাৎ বামদিকে বসান হয়। তবে ইহার ব্যতিক্রম আছে। চিহ্নের ন্যায় সঙ্কেতেরও আদিক ও মাত্রিক দুইটি দিক আছে। সঙ্কেতের তাৎপর্য চারিটি—(i) প্রথমত ইহা মৌলের বা যৌগের

নামকে বুঝায়। (ii) দ্বিতীয়ত কেবল সঙ্কেতটি লিখিলে একটি মাত্র অণু বুঝায়, কাজেই ইহা হইতে পদার্থের আণবিক গুরুত্ব জানা যায়। (iii) তৃতীয়ত ইহা পদার্থের গঠন অর্থাৎ কি কি মৌলদ্বারা পদার্থটি গঠিত এবং মৌলসমূহের পরমাণু সংখ্যা প্রকাশ করে। (iv) চতুর্থত ইহা হইতে পদার্থ গঠনকারী মৌলসমূহের শতাংশ পরিমাণ জানা যায়। NH_3 লিখিলে আমরা বুঝি (i) অ্যামোনিয়া, (ii) অ্যামোনিয়ার একটি অণু, (iii) 1 পরমাণু নাইট্রোজেন এবং 3 পরমাণু হাইড্রোজেন দ্বারা অ্যামোনিয়া অণু গঠিত, (iv) অ্যামোনিয়ার আণবিক গুরুত্ব $= 1 \times 14 + 3 \times 1 = 17$ এবং 17 ভাগ ওজনের অ্যামোনিয়াতে 14 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেন ও 3 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন বর্তমান।

9-4. **যোজ্যতা** (Valency): বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরস্পরের ভিতর যে-আসক্তি (affinity) তাহাই তাহাদের যৌগ গঠনের প্রবণতার পরিমাপ। অসদৃশ মৌলসমূহের পরস্পরের প্রতি আসক্তি অপেক্ষাকৃত বেশী —বিপরীতধর্মী পদার্থসমূহের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া অতি সহজেই ঘটিয়া থাকে। যেমন, একটি ধাতু সাধারণতঃ অতি সহজেই একটি অ-ধাতুর সহিত মিলিত হয়। উদাহরণস্বরূপ বলা যাইতে পারে যে, ক্লোরিন একটি অ-ধাতু, ইহা অতি সহজেই একটি ধাতু সোডিয়ামের সহিত যুক্ত হয়। কিন্তু কোন একটি মৌলের এই আসক্তি উহার বিপরীতধর্মী সকল মৌলের প্রতি সমান নহে। যেমন, ক্লোরিন যত সহজে এবং যে-তীব্রতার সহিত সোডিয়াম, হাইড্রোজেন প্রভৃতি মৌলের সহিত যুক্ত হয়, তত সহজে এবং তত তীব্রতার সহিত উহা কপারের সহিত যুক্ত হয় না; কার্বন, নাইট্রোজেন ইত্যাদি মৌলের উপর ক্লোরিনের কোন ক্রিয়া নাই বলিলেই চলে। সোডিয়ামের প্রতি ক্লোরিনের আসক্তি বেশী এবং কার্বনের প্রতি ক্লোরিনের এই আসক্তি কম থাকিতে পারে। কিন্তু কার্বনের একটি পরমাণু যতগুলি ক্লোরিন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে সোডিয়ামের একটি পরমাণু ততগুলি ক্লোরিন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে না। একটি কার্বন পরমাণুর সহিত সর্বাধিক চারিটি ক্লোরিন পরমাণু যুক্ত হইতে পারে, কিন্তু কোন উপায়েই শুধু একটি সোডিয়াম পরমাণুর সহিত একটির বেশী ক্লোরিন পরমাণু যুক্ত করা যায় না। অতএব, আসক্তি রাসায়নিক মিলনের কারণ। কিন্তু কি অনুপাতে বিভিন্ন পরমাণু যুক্ত হইয়া যৌগিক অণু গঠন করে তাহা ইহা নির্দেশ করে না। যৌগিক পদার্থ বিশ্লেষণে দেখা যায় যে, কোন পদার্থে গঠনকারী মৌলের পরমাণু সংখ্যা নির্দিষ্ট, অর্থাৎ বিভিন্ন মৌলের নির্দিষ্ট সংখ্যক

পরমাণু পরস্পরে যুক্ত হইয়া যৌগিক অণু গঠন করে। ইহার ব্যতিক্রম কখনও ঘটে না। একটি মৌলের পরমাণুর সহিত অপর মৌলের পরমাণুর যুক্ত হইবার যে ক্ষমতা তাহাকেই মৌলের যোজন ক্ষমতা বলা হয়। অতএব, **বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরস্পরের সহিত মিলিত হইয়া অণু গঠনের ক্ষমতাকে উহাদের যোজন ক্ষমতা বা যোজ্যতা বলা হয়।** এই যোজ্যতাকে প্রকাশ করিতে হইলে কোন একটি মৌলের পরমাণুর এই ক্ষমতাকে প্রমাণ যোজ্যতা ধরিয়া উহার পরিমাপে বা ভিত্তিতে অপরাপর মৌলসমূহের পরমাণুর যোজ্যতা স্থির করা হয়। যৌগিক পদার্থগুলি বিশ্লেষণে দেখা যায় যে, হাইড্রোজেনের যুক্ত হইবার ক্ষমতা সর্বাপেক্ষা কম। একমাত্র হাইড্রাজোয়িক অ্যাসিড HN_3 ব্যতীত হাইড্রোজেনের এমন কোন যৌগ নাই যাহাতে অন্য মৌলিক পদার্থের একাধিক পরমাণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত থাকে। এই কারণেই হাইড্রোজেনের যুক্ত হইবার ক্ষমতাকে প্রমাণ যোজ্যতা ধরিয়া লওয়া হয় এবং মৌলিক পদার্থগুলির যোজ্যতা হাইড্রোজেনের পরিমাপে স্থির করা হয়। কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণু যত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয় অথবা যত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুকে হাইড্রোজেনের একটি যৌগ হইতে প্রতিস্থাপিত করে সেই সংখ্যা দ্বারা ঐ মৌলটির যোজ্যতা প্রকাশ করা হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, জল, অ্যামোনিয়া এবং মিথেন এই যৌগগুলি বিশ্লেষণে দেখা যায় যে ক্লোরিন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন এবং কার্বনের এক একটি পরমাণু পৃথক্ পৃথক্‌ভাবে যথাক্রমে 1, 2, 3 এবং 4-টি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়। অতএব ক্লোরিন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন এবং কার্বনের যোজ্যতা যথাক্রমে 1, 2, 3 এবং 4.

পরমাণুর সংখ্যা ও চিহ্ন		হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা		উৎপন্ন যৌগিক অণুর সঙ্কেত	যোজ্যতা
1 Cl	+	1 H	→	HCl	1
1 O	+	2 H	→	H_2O	2
1 N	+	3 H	→	NH_3	3
1 C	+	4 H	→	CH_4	4

আবার সোডিয়াম, জিঙ্ক এবং অ্যালুমিনিয়ামের এক একটি পরমাণু পৃথক্ পৃথক্ ভাবে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে যথাক্রমে 1, 2 এবং 3-টি হাইড্রোজেন পরমাণুকে প্রতিস্থাপিত করিয়া NaCl, $ZnCl_2$ এবং $AlCl_3$ যৌগ সৃষ্টি করিয়া

থাকে। স্থতরাং সোডিয়াম, জিঙ্ক এবং অ্যালুমিনিয়ামের পরমাণুর যোজ্যতা যথাক্রমে 1, 2 এবং 3।

যে-সমস্ত মৌল হাইড্রোজেনের সহিত সরাসরি যুক্ত হয় না এবং হাইড্রোজেনের কোন যৌগ হইতে উহাকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে না তাহাদের যোজ্যতা এরূপ কোন মৌল যাহার যোজ্যতা জানা আছে তাহার ভিত্তিতে নিরূপণ করা হয়। স্বর্ণ সরাসরি হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয় না বা সাধারণ অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতেও পারে না। কিন্তু উহা ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয় এবং আমরা জানি যে ক্লোরিনের যোজ্যতা 1। তিনটি ক্লোরিন পরমাণুর সহিত স্বর্ণের একটি পরমাণু যুক্ত হইয়া অধিক ক্লোরাইড $AuCl_3$ গঠন করে। স্থতরাং, স্বর্ণের যোজ্যতা 3। বেশীর ভাগ মৌলের সহিতই অক্সিজেন সরাসরি যুক্ত হয়। স্থতরাং অক্সিজেনের ভিত্তিতে অন্যান্য মৌলের যোজ্যতা নিরূপণ করা স্থবিধাজনক। অক্সিজেনের যোজ্যতা 2। স্থতরাং কোন মৌলের একটি পরমাণুর সহিত যতগুলি অক্সিজেন পরমাণু যুক্ত হয় সেই সংখ্যার দ্বিগুণ হইবে ঐ মৌলটির যোজ্যতা। একটি অক্সিজেন পরমাণু একটি ম্যাগনেসিয়াম পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড গঠন করে। স্থতরাং ম্যাগনেসিয়ামের যোজ্যতা 2। আর্গন, হিলিয়াম ইত্যাদি নিষ্ক্রিয় গ্যাস কোন মৌলের সহিতই যুক্ত হয় না। ইহাদের কোন যোজন ক্ষমতা নাই; ইহাদের শূন্যযোজী (zero valent) বলা হয়। অর্থাৎ, ইহাদের যোজ্যতা 0। বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের যোজন ক্ষমতা পর্যালোচনা করিলে দেখা যায় যে যোজ্যতা 0 হইতে 8 পর্যন্ত থাকিতে পারে। ইহা স্মরণ রাখা প্রয়োজন যে যোজ্যতা কখনও ভগ্নাংশ হইতে পারে না; ইহা সর্বদাই পূর্ণ সংখ্যা হইয়া থাকে। যে-সকল মৌল বা মূলকের (radical) যোজ্যতা 1 তাহাদিগকে একযোজী এবং সেইরূপে যে-সকল মৌলের বা মূলকের যোজ্যতা 2, 3, 4 ইত্যাদি তাহাদিগকে যথাক্রমে দ্বিযোজী, ত্রিযোজী এবং চতুর্যোজী ইত্যাদি বলা হয়। অনেক মৌলেরই পরিবর্তনশীল যোজ্যতা থাকিতে পারে। যেমন, হাইড্রোজেন সালফাইডে (H_2S) সালফারের যোজ্যতা 2, কিন্তু সালফার হেক্সাফ্লুয়োরাইডে (SF_6) সালফারের যোজ্যতা 6। নাইট্রিক অক্সাইড (NO), অ্যামোনিয়া (NH_3) এবং নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইডে (N_2O_5) নাইট্রোজেনের যোজ্যতা যথাক্রমে 2, 3 এবং 5। আমরা সচরাচর যে-সকল মৌল এবং মূলকের সংস্পর্শে আসি পরপৃষ্ঠায় তাহাদের যোজ্যতা দেওয়া হইল :

Zerovalent শূন্য-যোজী	Monovalent এক-যোজী	Divalent দ্বি-যোজী	Trivalent ত্রি-যোজী	Tetravalent চতুর্যোজী	Pentavalent পঞ্চ-যোজী	Hexavalent ষড়-যোজী	Heptavalent সপ্ত-যোজী	Octavalent অষ্ট-যোজী
হিলিয়াম	হাইড্রোজেন	অক্সিজেন	নাইট্রোজেন	কার্বন	নাইট্রোজেন	সালফার	ক্লোরিন	অসমিয়াম
নিয়ন	ফ্লুয়োরিন	সালফার	ফসফরাস	সালফার	ফসফরাস	ক্রোমিয়াম	ম্যাঙ্গানিজ	
আর্গন	ক্লোরিন	ম্যাগনেসিয়াম	বোরন	সিলিকন	ক্লোরিন			
ইত্যাদি	ব্রোমিন	ক্যালসিয়াম	অ্যালুমিনিয়াম	টিন (স্ট্যানিক)	আয়োডিন			
	আয়োডিন	জিঙ্ক	আয়রন (ফেরিক)	লেড (প্লাম্বিক)				
	সোডিয়াম	মারকারি (মারকিউরিক)	বোরেট (BO_3)	ফরোসায়ানাইড [$Fe(CN)$]				
	পটাসিয়াম	কপার (কিউপ্রিক)	ফস্‌ফেট (PO_4)					
	কপার (কিউপ্রাস)	লেড (প্লাম্বাস)	ফেরিসায়ানাইড [$Fe(CN)_6$]					
	মারকারি (মারকিউরাস) Hg_2^{++}	টিন (স্ট্যানাস)						
	হাইড্রক্সাইড (OH)	আয়রন (ফেরাস)						
	নাইট্রেট(NO_3)	কার্বনেট (CO_3)						
	সায়ানাইড (CN)	সালফাইট (SO_3)						
	বাই-কার্বনেট (HCO_3),	সালফেট (SO_4)						
	বাই-সালফাইট (HSO_4),	ক্রোমেট (CrO_4)						
	বাই-সালফেট (HSO_4),	ডাই-ক্রোমেট (Cr_2O_7)						
	পারম্যাঙ্গানেট (MnO_4)							
	ক্লোরেট(ClO_3)							
	মিথাইল(CH_3)							

মূলক (Radicals) : সোডিয়াম সালফেটের (Na_2SO_4) জলীয় দ্রবণ অল্প পরিমাণে একটি পরীক্ষানলে লইয়া উহাতে বেরিয়াম ক্লোরাইডের ($BaCl_2$) দ্রবণ যোগ করিলে বেরিয়াম সালফেটের ($BaSO_4$) একটি সাদা অধঃক্ষেপ পতিত হয়। এক্ষেত্রে সোডিয়াম সালফেটে যে 'SO_4' পরমাণুপুঞ্জ জোটবদ্ধভাবে আছে উহা Na হইতে আসিয়া জোটবদ্ধভাবেই অর্থাৎ অপরিবর্তিত অবস্থায় Ba-এর সহিত যুক্ত হইয়াছে। এই জোটবদ্ধ পরমাণুপুঞ্জ SO_4-কে মূলক (radical) বলা হয়। ইহাদিগকে যৌগমূলকও (compound radical) বলা হয়। কার্বনেট (CO_3), হাইড্রক্সাইড (OH), নাইট্রেট (NO_3), বোরেট (BO_3), ফস্‌ফেট (PO_4) ইত্যাদি হইল অপরাপর কয়েকটি যৌগমূলকের উদাহরণ। বিভিন্ন যৌগমূলকের যোজ্যতা পূর্ববর্তী সারণীতে (table) দেওয়া হইয়াছে। যৌগমূলকের পৃথক্ বা স্বতন্ত্র অস্তিত্ব থাকিতেও পারে, নাও থাকিতে পারে। কিছু কিছু জৈব যৌগমূলকের (organic free radical) স্বতন্ত্র অস্তিত্ব জানা গিয়াছে। উপরি-উক্ত আলোচনা হইতে মূলক বা যৌগমূলকের সংজ্ঞা নিম্নলিখিতভাবে দেওয়া যাইতে পারে—

কোন কোন যৌগে বিভিন্ন সংখ্যক পরমাণু জোটবদ্ধভাবে থাকিয়া একটি পরমাণুর ন্যায় আচরণ করে এবং ঐ পরমাণুপুঞ্জ সমষ্টিগতভাবে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে এবং এই পরিবর্তনে পরমাণুপুঞ্জের আদৌ কোন পরিবর্তন ঘটে না। এইরূপ পরমাণুপুঞ্জকে **মূলক** (radical) বলা হয়।

সঙ্কেত লিখিবার নিয়ম :

যখন একটি মৌল A-এর সহিত অপর একটি মৌল B যুক্ত হইয়া একটি যৌগ গঠন করে ঐ মৌলে তখন A এবং B-র পরমাণু-সংখ্যা উহাদের যোজ্যতা-সংখ্যার অবশ্যই বিপরীত হইবে।

প্রয়োগ : কোন যৌগের সঙ্কেত লিখিতে হইলে,

(i) উপাদান মৌলগুলি অর্থাৎ যৌগ গঠনকারী মৌলগুলির চিহ্ন পাশাপাশি বসাও। ধাতু অথবা অপেক্ষাকৃত অধিক ধনাত্মক মৌল বা মূলকের চিহ্ন প্রথমে অর্থাৎ বামদিকে এবং অধাতু অথবা অপেক্ষাকৃত কম ধনাত্মক মৌলের চিহ্ন ডানদিকে বসাও।

(ii) মৌলগুলির যোজ্যতা উহাদের নিজ নিজ চিহ্নের ডানদিকের মাথায় সংখ্যার দ্বারা নির্দেশ কর।

(iii) অতঃপর একটির যোজ্যতা-সংখ্যা অপর চিহ্নটির নীচে এবং ডানদিকে বসাও। অর্থাৎ একটির যোজ্যতা-সংখ্যা দ্বারা অপর মৌলটির পরমাণু-সংখ্যা নির্দেশ কর।

মনে রাখিও মূলকের ক্ষেত্রেও এই নিয়ম প্রযোজ্য।

নিম্নের উদাহরণগুলি হইতে এই নিয়মের প্রয়োগ-পদ্ধতি পরিষ্কারভাবে বুঝিতে পারিবে।

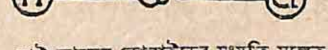
যৌগের নাম	যোজ্যতা-সহ চিহ্ন	সঙ্কেত
ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড	Ca^2Cl^1	$CaCl_2$
অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড	Al^3O^2	Al_2O_3
কপার নাইট্রেট	$Cu^2NO_3{}^1$	$Cu(NO_3)_2$
ফেরিক অক্সাইড	Fe^3O^2	Fe_2O_3
পটাসিয়াম সালফেট	$K^1SO_4{}^2$	K_2SO_4
কিউপ্রাস অক্সাইড	Cu^1O^2	Cu_2O
ফেরিক ক্লোরাইড	Fe^3Cl^1	$FeCl_3$
কপার ফস্‌ফেট	$Cu^2PO_4{}^3$	$Cu_3(PO_4)_2$
ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেট	$Mg^2HCO_3{}^1$	$Mg(HCO_3)_2$
অ্যামোনিয়াম কার্বনেট	$NH\ ^1CO\ ^2$	$(NH_4)_2CO_3$

যোজ্যতা-সংখ্যাগুলি যদি কোন সাধারণ গুণনীয়ক (common factor) দ্বারা বিভাজ্য হয়, তাহা হইলে উহাদিগকে প্রথমে ঐ সাধারণ গুণনীয়ক দ্বারা ভাগ করিয়া সরল অনুপাতে পরিণত কর এবং পরে এই নিয়ম প্রয়োগ করিয়া সঙ্কেতটি লিখ। নিম্নের উদাহণরগুলি লক্ষ্য করিলে ইহা সহজেই বুঝিতে পারিবে।

যৌগের নাম	যোজ্যতা-সহ চিহ্ন	সরল অনুপাত	সঙ্কেত
ক্যালসিয়াম সালফেট	$Ca^2SO_4{}^2$	$Ca^1SO_4{}^1$	$CaSO_4$
অ্যালুমিনিয়াম ফস্‌ফেট	$Al^3PO_4{}^3$	$Al^1PO_4{}^1$	$AlPO_4$
কার্বন ডাই-অক্সাইড	C^4O^2	C^2O^1	CO_2
স্ট্যানিক অক্সাইড	Sn^4O^2	Sn^2O^1	SnO_2
ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট	$Mg^2CO_3{}^2$	$Mg^1CO_3{}^1$	$MgCO_3$

সংযুতি সঙ্কেত (Structural formula) : পরমাণুর যোজ্যতাকে

বাহু হিসাবে কল্পনা করিলে একটি পরমাণু কি-ভাবে অপর পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া অণু গঠন করে অর্থাৎ অণু গঠনে যোজ্যতার ধারণা অধিকতর স্পষ্ট হয় এবং যে-চিত্রের সাহায্যে অণুর এই গঠন কাঠামো দেখান হয় তাহাকে সংযুতি সঙ্কেত বলে। মনে কর, যে-মৌলের যোজ্যতা যত তাহার বাহুর সংখ্যাও তত। এই কল্পনা অনুযায়ী হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের প্রত্যেকের একটি, অক্সিজেনের দুইটি, নাইট্রোজেনের তিনটি এবং কার্বনের চারটি বাহু থাকিবে। এই কল্পিত এক একটি বাহুকে এক একটি রেখা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এখন অণু গঠনের সময় যে কোন একটি পরমাণুর এক একটি বাহু তথা রেখা অপর পরমাণুর এক একটি বাহু তথা রেখার সহিত যুক্ত হয়। এই সংযোজন এইরূপভাবে ঘটে যাহাতে অণু গঠনকারী কোন পরমাণুরই একটি বাহুও মুক্ত অবস্থায় না থাকে অর্থাৎ অণু গঠনকারী একটি পরমাণুর সমস্ত বাহু অপর পরমাণুর সমস্ত বাহুর সহিত যুক্ত হয়। হাইড্রোজেনের যোজ্যতা 1, সুতরাং উহার বাহুর সংখ্যাও 1। আবার,



হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সংযুতি সঙ্কেত

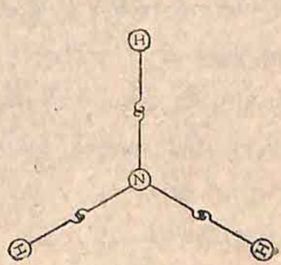
ক্লোরিনের যোজ্যতা 1, সুতরাং উহারও বাহুর সংখ্যা 1। অতএব, একটি হাইড্রোজেন পরমাণু উহার একটি বাহুতে একটি মাত্র ক্লোরিন পরমাণুর বাহুটি ধরিয়া গঠন করিবে একটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অণু।

অক্সিজেনের যোজ্যতা 2, সুতরাং উহার বাহুর সংখ্যা 2। কিন্তু পূর্বেই বলা হইয়াছে যে হাইড্রোজেনের বাহুর সংখ্যা 1। অক্সিজেন পরমাণু উহার এক একটি বাহুতে এক একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ধরিয়া রাখিবে। অতএব, একটি অক্সিজেন পরমাণুর জন্য প্রয়োজন দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং অক্সিজেন পরমাণু উহার দুইটি বাহুর সাহায্যে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ধরিয়া গড়িয়া তুলিবে জলের একটি অণু।



জলের সংযুতি সঙ্কেত

নাইট্রোজেনের বাহুর সংখ্যা 3। সুতরাং, একটি নাইট্রোজেন পরমাণু উহার তিনটি বাহুতে তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর তিনটি বাহু ধরিয়া গড়িয়া তুলিবে একটি অ্যামোনিয়া অণু।



অ্যামোনিয়ার সংযুতি সঙ্কেত

এইভাবে অন্যান্য যৌগেরও সংযুতি-সঙ্কেত চিত্রের সাহায্যে দেখান যাইতে পারে। মনে রাখিও, কোন কোন ক্ষেত্রে আবার একটি পরমাণুর দুইটি বা তিনটি বাহু আর একটি পরমাণুর সমসংখ্যক বাহুর সহিত যুক্ত হইয়া যথাক্রমে দ্বি বন্ধ (double bond) এবং ত্রি-বন্ধ (triple bond) সৃষ্টি করে। যথা,

$$\begin{matrix} H & & & H \\ & >C=C< & & \\ H & & & H \end{matrix} \qquad\qquad H-C\equiv C-H$$

ইথিলীন   অ্যাসিটিলীন

9-5. রাসায়নিক বিক্রিয়া ও সমীকরণ (Chemical reaction and equation) : যে বিক্রিয়ায় এক বা একাধিক পদার্থ পরিবর্তিত হইয়া নূতন পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহার নাম রাসায়নিক বিক্রিয়া। মনে কর, একটি পদার্থ AB যখন অন্য একটি পদার্থ CD-র সংস্পর্শে আসে তখন দুইটি নূতন পদার্থ—AD ও BC গঠিত হয়। এক্ষেত্রে A-র B-র উপর যতটা আসক্তি তাহা হইতে A-র D-র উপর আসক্তি বেশী। এই আসক্তির তারতম্যই রাসায়নিক বিক্রিয়ার কারণ এবং এই কারণেই উপরি-উক্ত ব্যবস্থাপন সম্ভব হয়।

অতএব যখনই কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে, তখনই এক বা একাধিক পদার্থের পরিবর্তনে নূতন পদার্থ উৎপন্ন হয়। যে-সকল পদার্থ রাসায়নিক বিক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করে এবং যে-সকল নূতন পদার্থ সেই ক্রিয়ার ফলে সৃষ্ট হয় তাহাদের সকলকেই স্ব স্ব চিহ্ন ও সঙ্কেতের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। একটি সমীকরণ চিহ্নের বামদিকে রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পদার্থ বা পদার্থগুলি এবং ডানদিকে এই ক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন পদার্থ বা পদার্থগুলি লিখিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকাশ করাই রীতি। যদি একাধিক বস্তু উৎপন্ন হয়, একাধিক বস্তুর মিলনে তবে বিভিন্ন বস্তুর সঙ্কেত যোগ (+) চিহ্ন দ্বারা সংযুক্ত করিতে হয়। এইভাবে রাসায়নিক বিক্রিয়া সমীকরণ দ্বারা প্রকাশিত হয়। সমীকরণের বামদিকের পদার্থগুলির সঙ্কেতের মধ্যবর্তী যোগ (+) চিহ্নগুলির অর্থ "ক্রিয়া করে" ডানদিকের যোগ (+) চিহ্নগুলির অর্থ "এবং"। সমীকরণ চিহ্নদ্বারা বুঝান হয় "উৎপন্ন করে"। সমীকরণে সব সময়েই বামদিকের প্রতিটি মৌলের মোট পরমাণুর সংখ্যা = ডানদিকের প্রতিটি মৌলের মোট পরমাণুর সংখ্যা। সুতরাং সাঙ্কেতিক ও সংক্ষিপ্ত ভাষায় রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকাশের নামই সমীকরণ (equation)।

সমীকরণের তাৎপর্য (Significance of chemical equation)—

সমীকরণের আদিক (qualitative) ও মাত্রিক (quantitative) দুইটি দিক আছে। (i) কোন্ কোন্ পদার্থের রাসায়নিক সংযোগে কি কি পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহা সমীকরণ হইতে জানা যায়। যথা, $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$. এই সমীকরণ হইতে জানা যায়, দস্তা ও সালফিউরিক অ্যাসিডের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জিঙ্ক সালফেট ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

(ii) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারী অণুর সংখ্যা এবং ঐ বিক্রিয়ায় কয়টি অণু উৎপন্ন হয় তাহাও জানা যায়। উপরের বিক্রিয়া অনুযায়ী দস্তার এক অণু ও সালফিউরিক অ্যাসিডের এক অণু—এক অণু হাইড্রোজেন ও এক অণু জিঙ্ক সালফেট উৎপন্ন করে।

(iii) সমীকরণ হইতে জানা যায় কত ওজনের কোন্ পদার্থ কত ওজনের কোন্ পদার্থ উৎপন্ন করিবে। উপরের বিক্রিয়া অনুযায়ী 65·38 গ্রাম দস্তার সহিত $\{(2 \times 1 + 32 + 4 \times 16)\} = 98$ গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড রাসায়নিক সংযোগ $\{65{\cdot}38 + 32 + 4 \times 16)\} = 161{\cdot}38$ গ্রাম জিঙ্ক সালফেট এবং 2 গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

(iv) যদি গ্যাসীয় পদার্থের মধ্যে রাসায়নিক সংযোগ ঘটে এবং উৎপন্ন পদার্থও যদি গ্যাসীয় হয়, তাহা হইলে সমীকরণ হইতে ক্রিয়াশীল এবং উৎপন্ন পদার্থগুলির আয়তনের সম্পর্ক জানা যায়। যথা, $H_2 + Cl_2 = 2HCl$ এই বিক্রিয়ায় আয়তন যদি c.c.-তে ধরা যায় তাহা হইলে বলা যায় 1 c.c. হাইড্রোজেন 1 c c. ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া 2 c.c. হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

সমীকরণের অসম্পূর্ণতা (Limitations) ঃ সমীকরণ হইতে রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পর্কে অনেক তথ্য জানা গেলেও নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্পর্কে কিছুই জানা যায় না ঃ

(i) বিক্রিয়াটি তাপশোষক না তাপোৎপাদক—অর্থাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় শক্তির পরিবর্তন।

(ii) রাসায়নিক বিক্রিয়ার শর্ত (চাপ, তাপ ইত্যাদি প্রয়োজন কি-না)।

(iii) রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার এবং উহা সম্পূর্ণ হইবার জন্য প্রয়োজনীয় সময় (rate and time for completion)।

(iv) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পদার্থগুলি এবং বিক্রিয়ার ফলস্বরূপ উৎপন্ন পদার্থগুলির ভৌত অবস্থা (কঠিন, তরল বা গ্যাসীয়)।

রাসায়নিক সমীকরণ লিখিবার নিয়ম (To write a correct chemical equation)

নীতি ঃ রাসায়নিক সমীকরণ একটি প্রকৃত রাসায়নিক বিক্রিয়াকে প্রকাশ করে। সুতরাং, সমীকরণ লিখিতে হইলে বিক্রিয়ক (reactants) এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির (অর্থাৎ উৎপন্ন পদার্থগুলির) নাম জানা অবশ্য প্রয়োজন।

ভরের নিত্যতাসূত্র (law of conservation of mass) বলে যে 'পদার্থ সৃষ্টিও করা যায় না বা ধ্বংসও করা যায় না'। অতএব, সমীকরণের সমান চিহ্নের (=) উভয় পার্শ্বের সামঞ্জস্য বিধান করা (balance) প্রয়োজন অর্থাৎ, সমীকরণের সমান চিহ্নের উভয় পার্শ্বে প্রতিটি মৌলের পরমাণু-সংখ্যা অবশ্যই এক রাখিতে হইবে।

সমীকরণে সকল পদার্থকেই অণু (molecule) রূপে প্রকাশ করিতে হয়। তবে Na, Hg ইত্যাদির ন্যায় এক পরমাণুক (monatomic) মৌলগুলিকে উহাদের চিহ্নের দ্বারা প্রকাশ করা হয়। হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন ইত্যাদি মৌলিক গ্যাসসমূহকে উহাদের আণবিক সঙ্কেত যথা H_2, O_2, N_2, F_2, Cl_2 দ্বারা প্রকাশ করাই প্রচলিত রীতি। মুক্ত অবস্থায় কঠিন মৌলগুলি, যথা—Mg, Ca, Fe, Al, Sn, ইত্যাদি ধাতু এবং B, C, S ইত্যাদি অধাতুকে উহাদের চিহ্নের দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কারণ, কঠিন কোন মৌলের অণুতে যে পরমাণু থাকে তাহার সংখ্যা কখনও কখনও পরিবর্তনশীল বা অনির্দিষ্ট।

পদ্ধতি ঃ (i) প্রথমে অর্থাৎ বামদিকে বিক্রিয়কের নাম লিখিয়া একটি সমান চিহ্ন (=) দাও এবং উহার ডানদিকে উৎপন্ন পদার্থের নাম লিখ। একাধিক বিক্রিয়ক হইলে এক একটি পদার্থের নামের পর এক একটি যোগ চিহ্ন (+) বসাও। সর্বশেষ পদার্থটির নামের পর (যাহার পর সমান চিহ্ন বসান হয়) এই চিহ্ন বসাইবে না। সেইরূপে উৎপন্ন পদার্থ একাধিক হইলেও উহাদের নামের মধ্যেও অনুরূপভাবে যোগ চিহ্ন দাও। (ii) মৌলগুলিকে চিহ্নের দ্বারা এবং যৌগগুলিকে আণবিক সঙ্কেত দ্বারা নির্দেশ কর। (iii) সমীকরণটির সামঞ্জস্য বিধান কর যাহাতে সমান চিহ্নের উভয় পার্শ্বে প্রতিটি মৌলের পরমাণু-সংখ্যা যেন একই থাকে। (iv) পরিশেষে সকল পদার্থকে অনুরূপে (as molecules) প্রকাশ কর।

প্রয়োগ ঃ উপরি-উক্ত পদ্ধতি প্রয়োগ করিয়া কি-ভাবে সমীকরণ লিখিতে হয় তাহা নিম্নের কতকগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়াতে দেখান হইল।

(a) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন হয়।

হাইড্রোজেন + অক্সিজেন = জল ... ... (i)

$H + O = H_2O$ ... ... (ii)

$2H + O = H_2O$ ... ... (iii)

$2H_2 + O_2 = 2H_2O$ ... ... (iv)

(b) হাইড্রোজেন ও ব্রোমিন যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়।

হাইড্রোজেন + ব্রোমিন = হাইড্রোজেন ব্রোমাইড ... (i)

$H + Br = HBr$. (ii)

$H + Br = HBr$ ... (iii)

লক্ষ্য কর, তৃতীয় ধাপে নতুন কিছুই করিতে হইল না ; কারণ, দ্বিতীয় ধাপটি পর্যবেক্ষণ করিলেই দেখা যায় যে সমান চিহ্নের উভয় পার্শ্বে প্রতিটি মৌলের পরমাণু-সংখ্যা একই আছে।

$H_2 + Br_2 + 2HBr$ ... (iv)

(c) লৌহ ও অক্সিজেন যুক্ত হইয়া ফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

লৌহ + অক্সিজেন = ফেরিক অক্সাইড ... (i)

$Fe + O = Fe_2O_3$ ... (ii)

$2Fe + 3O = Fe_2O_3$ ... (iii)

$4Fe + 3O_2 = 2Fe_2O_3$ (iv)

(d) অক্সিজেনে দহনের ফলে ফস্‌ফরাস হইতে ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন হয়।

ফস্‌ফরাস + অক্সিজেন = ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড... (i)

$P + O = P_2O_5$ ... (ii)

$2P + 5O = P_2O_5$ ... (iii)

$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$ ... (iv)

(e) অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ ফুটন্ত জলের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

অ্যালুমিনিয়াম + জল = অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড + হাইড্রোজেন · (i)

$Al + H_2O = Al(OH)_3 + H$ ... (ii)

$Al + 3H_2O = Al(OH)_3 + 3H$ ... (iii)

$2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2$ ... (iv)

(f) পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করিলে উহা পটাসিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয় এবং অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হয়।

পটাসিয়াম ক্লোরেট = পটাসিয়াম ক্লোরাইড + অক্সিজেন (i)

$$KClO_3 = KCl + O \quad \cdots \text{(ii)}$$

$$KClO_3 = KCl + 3O \quad \cdots \text{(iii)}$$

$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2 \quad \cdots \text{(iv)}$$

এইরূপ সতর্ক পরিদর্শন দ্বারা সমীকরণের সামঞ্জস্য (balance) বিধান করা অনেক সময় অপেক্ষাকৃত দুরূহ হইয়া পড়ে। এই সকল ক্ষেত্রে সমগ্র রাসায়নিক প্রক্রিয়াকে কয়েকটি সম্ভাব্য পর্যায়ে বা ধাপে (possible steps) বিভক্ত করা হয় এবং প্রতিটি ধাপকে এক একটি স্বতন্ত্র আংশিক সমীকরণ (partial equation) দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অতঃপর এই আংশিক সমীকরণসমূহ যোগ করিয়া সমগ্র বিক্রিয়াটির সামঞ্জস্য বিধান করা (balanced) সমীকরণ বাহির করা হয়। এইভাবে সমীকরণের সামঞ্জস্য বিধান করিতে কখনও কখনও আংশিক সমীকরণসমূহকে পূর্ণসংখ্যা দ্বারা গুণ করিতে হয়। জটিলতর রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে কিভাবে এই পদ্ধতির প্রয়োগ দ্বারা সমীকরণ লেখা হয় নিম্নে তাহা উদাহরণের সাহায্যে দেখান হইল।

(a) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের সহিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিক্রিয়া করে—শীতল অবস্থাতেই অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হয়।

অ্যাসিড দ্রবণে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট বিযোজিত হইয়া যায়। পটাসিয়াম অক্সাইড, ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড এবং অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

পটাসিয়াম অক্সাইড এবং ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড উভয়ই সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় (প্রশমন ক্রিয়া) লবণ ও জল গঠন করে।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড আবার বিযোজিত হইয়া জল ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

$$2KMnO_4 = K_2O + 2MnO + 5O$$

$$K_2O + H_2SO_4 = K_2SO_4 + H_2O$$

$$2MnO + 2H_2SO_4 = 2MnSO_4 + 2H_2O$$

$$5H_2O_2 = 5H_2O + 5O$$

$$5O + 5O = 5O_2$$

যোগ করিয়া, $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$

(b) পটাসিয়াম আয়োডাইডের প্রশম দ্রবণ হইতে ওজোন আয়োডিন বিমুক্ত করে এবং দ্রবণে ক্ষারীয় ধর্মের লক্ষণ প্রকাশ পায়।

ওজোন অক্সিজেনে বিযোজিত হয়।

পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে অক্সিজেন আয়োডিন মুক্ত করে এবং পটাসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

পটাসিয়াম অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়।

$$O_3 = O_2 + O$$
$$2KI + O = K_2O + I_2$$
$$K_2O + H_2O = 2KOH$$

যোগ করিয়া, $2KI + O_3 + H_2O = 2KOH + O_2 + I_2$

Questions

1. Define and illustrate : atom, molecule, symbol and formula.

[উদাহরণসহ সংজ্ঞা লিখ : পরমাণু, অণু, চিহ্ন ও সঙ্কেত।]

2. What is a radical ? Illustrate your answer with suitable examples. What do you understand by the term 'valency' ? Why is the valency of hydrogen chosen as the standard ?

[যৌগমূলক (বা মূলক) কাহাকে বলে ? উপযুক্ত উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও। যোজ্যতা বলিতে কি বুঝ ? হাইড্রোজেনের যোজ্যতাকে প্রমাণ যোজ্যতা ধরা হয় কেন ?]

3. Define : atomic weight, molecular weight, gram atom and gram molecule. Why is atomic weight now-a-days determined in terms of the element oxygen as the standard ?

[সংজ্ঞা লিখ : পারমাণবিক গুরুত্ব, আণবিক গুরুত্ব, গ্রাম-পরমাণু এবং গ্রাম-অণু। আজকাল পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে অক্সিজেনকে প্রমাণ পদার্থ হিসাবে গণ্য করা হয় কেন ?]

4. What is a formula ? Explain the significance of it. State how you would proceed to write a molecular formula.

[সঙ্কেত বলিতে কি বুঝ ? সঙ্কেতের তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর। কি-ভাবে আণবিক সঙ্কেত লিখিবে তাহা বিবৃত কর।]

5. Write down the formulae of the following compounds :—

[নিম্নলিখিত যৌগগুলির সঙ্কেত লিখ।]

Cupric sulphate, Cuprous chloride, Stannous chloride, Stannic chloride, Mercuric sulphate, Ferric phosphate, Aluminium sulphate, Magnesium hydroxide, Potassium hydroxide, Ferric hydroxide, Calcium carbonate,

Calcium bicarbonate, Sodium carbonate, Sodium bicarbonate, Ammonium sulphate, Calcium sulphite, Zinc phosphate, Sodium bi-sulphate. Cupric ferrocyanide, Potassium ferricyanide, Potassium dichromate and Mercurous chloride.

6. Write down the names of the compounds represented by the following formulæ :—

[নিম্নলিখিত সঙ্কেত-বিশিষ্ট যৌগগুলির নাম লিখ।]

$KHSO_4$, $Cu_2(PO_4)_2$, $MgCO_3$, $Mg(HCO_3)_2$, P_2O_5, $NaNO_2$, $K_2Cr_2O_7$, $KMnO_4$, $Pb(NO_3)_2$, NH_4Cl, MnO_2, $K_4Fe(CN)_6$, ZnS, $FeCl_3$, SnO_2, $Al(OH)_3$, $ZnSO_4$, K_3PO_4, Na_2SO and $NaHSO_4$.

7. What is chemical equation ? State its significance and limitations. Explain why both sides of a chemical equation must balance.

[রাসায়নিক সমীকরণ কাহাকে বলে ? সমীকরণের তাৎপর্য ও অসম্পূর্ণতা বিবৃত কর। সমীকরণের উভয় পার্শ্বের সমতা বিধান করা হয় কেন ব্যাখ্যা কর।]

8. What does a chemical equation indicate ? Illustrate with reference to the equation $N_2+3H_2=2NH_3$. What does not this equation state about the chemical reactions involved ? [H. S. Final, 1960]

[$N_2+3H_2=2NH_3$ এই সমীকরণটি উদাহরণ হিসাবে ব্যবহার করিয়া রাসায়নিক সমীকরণ কি কি নির্দেশ করে তাহা বিশদ-ভাবে বিবৃত কর। এই সমীকরণ হইতে রাসায়নিক বিক্রিয়াটি সম্পর্কে কি কি জানা যায় না ?]

9. Describe with the help of a suitable example the method of writing a correct chemical equation.

[সঠিক রাসায়নিক সমীকরণ লিখিবার পদ্ধতি একটি উপযুক্ত উদাহরণের সাহায্যে বর্ণনা কর।]

10. Explain the full meaning of each of the following equations. State their limitations too :—

[নিম্নলিখিত সমীকরণগুলির প্রত্যেকটির পূর্ণ অর্থ ব্যাখ্যা কর। ইহাদের অসম্পূর্ণতাও বিবৃত কর।]

(i) $2KClO_3=2KCl+3O_2$, (ii) $2H_2+O_2=2H_2O$, (iii) $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$, (iv) $C+O_2=CO_2$ and (v) $CaCO_3=CaO+CO_2$.

11. Represent the following in terms of symbols and formulæ and balance them :—

[চিহ্ন ও সঙ্কেতের সাহায্যে প্রকাশ কর এবং তৎপরে সমান (=) চিহ্নের উভয় পার্শ্বে সামঞ্জস্য বিধান কর।]

(i) Manganesium+Sulphuric acid=Magnesium sulphate+Hydrogen ;
(ii) Sodium chloride+Silver nitrate=Sodium nitrate+Silver chloride ;
(iii) Phosphorus+Oxygen=Phosphorous pentoxide ;
(iv) Sulphur dioxide+Oxygen=Sulphur trioxide ;
(v) Zinc oxide+Sulphuric acid=Zinc sulphate+Water.

(vi) Iron + Steam = Ferroso-ferric oxide + Hydrogen ;
(vii) Ferric oxide + Hydrochloric acid = Ferric chloride + Water ;
(viii) Calcium hydroxide + Nitric acid = Calcium nitrate + Water ;
(ix) Magnesium + Nitrogen = Magnesium nitride ;
(x) Potassium nitrate = Potassium nitrite + Oxygen ; and
(xi) Cupric oxide + Ammonia = Copper + Nitrogen + Water.

12. Balance the following equations :—

[নিম্নলিখিত সমীকরণগুলির সামঞ্জস্য বিধান কর।]

(i) $Pb(NO_3)_2 = PbO + NO_2 + O_2$,
(ii) $Sn + HCl = SnCl_2 + H_2$,
(iii) $KI + HCl + O_3 = KCl + I_2 + H_2O + O_2$,
(iv) $HgCl_2 + SnCl_2 = Hg_2Cl_2 + SnCl_4$,
(v) $Fe_2O_3 + Al = Fe + Al_2O_3$,
(vi) $AlCl_3 + Na = Al + NaCl$,
(vii) $MnO_2 + HCl = MnCl_2 + H_2O + Cl_2$,
(viii) $Ca_3(PO_4)_2 + SiO_2 = CaSiO_3 + P_2O_5$ and
(ix) $Cu_2S + O_2 = Cu_2O + SO_2$.

Sample questions for informal objective type test

A. Alternate response type

(*i*) *True or False type*

[Put a *T* against a correct statement and a *F* against a wrong one in the space provided for the purpose.]

(a) Valency of an element may vary. —
(b) The term "atomic weight" of an element is a misnomer. —
(c) Symbol is the abbreviation for the full name of an element. —

(*ii*) *Yes or No type* [Say yes or no]

(a) Is the molecular weight of a substance invariant ? —
(b) Can a chemical equation provide information on the physical state of the reactants and the products ? —
(c) Should a radical have necessarily a separate existence ? —

B. Recall type.

[Write down an appropriate word on the right-hand side against each of the following sentences in the space marked with a dash (—) for filling up the gaps.]

(i) The valency of an element is measured by the number of atoms of — with which an atom of such element would combine. —
(ii) The combining capacity of an atom of hydrogen is the—. —
(iii) The smallest particle of an element or a compound, which can have free existence is a—. —

C. Strike off the irrelevant portion to give a complete correct statement :—

(i) A molecule of an element contains *like/unlike* atoms only.
(ii) The valency of tin in stannous chloride is *2/3/4*.
(iii) The formula of zinc phosphate is $Zn_2(PO_4)_3/Zn_3(PO_4)_2/ZnPO_4$.
(iv) The *actual/relative* weight of an atom of the element is the atomic weight.
(v) The name of $FeCl_3$ is *ferrous/ferric* chloride.
(vi) The formula of nitrous oxide is N_2O/NO.

D. Pick out suitable words from column II to fill in the gaps in column I,

Column I	Column II
(i) For—substances the molecular weights are the same as their atomic weights.	atomicity, monatomic, divalent, number, trivalent.
(ii) Atomic weight of an element is a —.	
(iii) The number of atoms present in the molecule of an element is referred to as its—.	
(iv) Oxygen is a — element.	
(v) Iron is — in ferric chloride.	
(vi) — of phosphorus is four.	

দশম অধ্যায়

জারণ ও বিজারণ (Oxidation and reduction)

জারণ—যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় (i) কোন পদার্থের সহিত অক্সিজেন বা অন্য কোন তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল বা মূলক যুক্ত হয় বা ইহাদের অংশের অনুপাত বৃদ্ধি পায় **অথবা**, (ii) কোন পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন অপসারিত হয় বা অন্য কোন তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল বা মূলক অপসারিত হয় বা ইহাদের অংশের অনুপাত হ্রাস পায় তাহাকে জারণ বলা হয়।

কার্বন, সালফার, ফস্‌ফরাস, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি দহনকালে অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া উহাদের অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$C + O_2 = CO_2$$

কার্বন অক্সিজেন কার্বন ডাই-অক্সাইড

অক্সিজেন সংযোগ দ্বারা জারণ

$$S + O_2 = SO_2$$

সালফার অক্সিজেন সালফার ডাই-অক্সাইড

$$2Mg + O_2 = 2MgO$$

ম্যাগনেসিয়াম অক্সিজেন ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড।

এক্ষেত্রে কার্বন, সালফার এবং ম্যাগনেসিয়াম অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়াছে।

স্ট্যানাস ক্লোরাইডের উপর ক্লোরিন গ্যাস চালনা করিলে উহা জারিত হইয়া স্ট্যানিক ক্লোরাইডে রূপান্তরিত হয়।

তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের বৃদ্ধি দ্বারা জারণ

$$SnCl_2 + Cl_2 = SnCl_4$$

স্ট্যানাস ক্লোরাইড স্ট্যানিক ক্লোরাইড

ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড পরিচালিত করিলে, হাইড্রোজেন সালফাইড জারিত হইয়া সালফারে পরিণত হয়।

হাইড্রোজেন অপসারণ দ্বারা জারণ

$$H_2S + Br_2 = 2HBr + S$$

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পটাসিয়াম আয়োডাইডকে জারিত করিয়া আয়োডিন উৎপন্ন করে।

তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল
অপসারণ দ্বারা জারণ $2KI + H_2O_2 = 2KOH + I_2$

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড KI হইতে পরাবিদ্যুৎবাহী (তড়িৎ-ধনাত্মক) পটাসিয়ামকে অপসারিত করে।

বিজারণ—যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় (i) কোন পদার্থের সহিত হাইড্রোজেন যুক্ত হয় বা অন্য কোন তড়িৎ-ধনাত্মক মৌল বা মূলক যুক্ত হয় বা ইহাদের অংশের অনুপাত বৃদ্ধি পায় **অথবা,** (ii) কোন পদার্থ হইতে অক্সিজেন বা তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল বা মূলক অপসারিত হয় বা ইহাদের অংশের অনুপাত হ্রাসপ্রাপ্ত হয় তাহাকে বিজারণ বলে।

ক্লোরিনের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড পরিচালনা করিলে হাইড্রোজেন সালফাইডের হাইড্রোজেন অপসারিত হয় এবং ক্লোরিন হাইড্রোজেন সংযোগে বিজারিত হইয়া HCl-এ পরিণত হয়।

হাইড্রোজেন সংযোগ
দ্বারা বিজারণ $Cl_2 + H_2S = 2HCl + S$

ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণের সহিত জায়মান হাইড্রোজেনের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হইয়া ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

তড়িৎ-ধনাত্মক মৌলের অংশের
অনুপাত বৃদ্ধি দ্বারা বিজারণ $FeCl_3 + H = FeCl_2 + HCl$

উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস পরিচালনা করিলে কপার অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতব কপারে পরিণত হয়।

অক্সিজেন অপসারণ
দ্বারা বিজারণ $CuO + H_2 = Cu + H_2O$

উত্তপ্ত ধাতব সোডিয়ামের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ধাতব অ্যালুমিনিয়ামে পরিণত হয়।

তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল
অপসারণ দ্বারা বিজারণ $AlCl_3 + 3Na = 3NaCl + Al$

জারণ ও বিজারণ ক্রিয়াগুলি লক্ষ্য করিলে দেখা যায় যে এই বিক্রিয়াগুলিতে প্রত্যেকটি জারণ ক্রিয়ার সহিত একটি বিজারণ ক্রিয়াও সংঘটিত হয়। যথা,

(i) $PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$

লেড সালফাইড	হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড	লেড সালফেট	জল

এই সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে লেড সালফাইডের সহিত অক্সিজেনের সংযোগ ঘটিয়াছে, অর্থাৎ লেড সালফাইড জারিত হইয়াছে; কিন্তু সঙ্গে সঙ্গেই হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের খানিকটা অক্সিজেন দূরীভূত হইয়া উহা জলে পরিণত হইয়াছে। অর্থাৎ, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড নিজে বিজারিত হইয়াছে। অতএব, আমরা বলিতে পারি যখনই কোন দ্রব্য জারিত হয় তখনই জারক দ্রব্য নিজে বিজারিত হয়।

(ii) $CuO + H_2 = Cu + H_2O$

কপার অক্সাইড	হাইড্রোজেন	কপার	জল

এই বিক্রিয়ায় দেখা যায়, কপার অক্সাইডের অক্সিজেন দূরীভূত হইয়া উহা ধাতব কপারে পরিণত হইয়াছে। অর্থাৎ কপার অক্সাইডের বিজারণ হইয়াছে। কিন্তু সঙ্গে সঙ্গেই হাইড্রোজেন কপার অক্সাইডের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জলে পরিণত হইয়াছে। অর্থাৎ হাইড্রোজেন জারিত হইয়াছে। অতএব, আমরা বলিতে পারি যখনই একটি দ্রব্য বিজারিত হয় তখনই বিজারক দ্রব্য নিজে জারিত হয়। এইরূপে জারণ ও বিজারণের প্রতিটি উদাহরণ বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় যে জারণ ও বিজারণ কার্য যুগপৎ সম্পন্ন হয়।

10-1. জারক ও বিজারক (Oxidants and reductants) :

যে পদার্থ অপর পদার্থে অক্সিজেন যোগ করে বা অপর পদার্থের তড়িৎ-ঋণাত্মক অংশ বৃদ্ধি করে অথবা হাইড্রোজেন দূরীভূত করে বা তড়িৎ-ধনাত্মক অংশ আংশিক বা সম্পূর্ণভাবে হ্রাস করে তাহাকে জারক পদার্থ বলে। সকল জারণ ক্রিয়াতেই জারক দ্রব্য নিজে বিজারিত হয়। অক্সিজেন, ওজোন, ক্লোরিন, নাইট্রিক অ্যাসিড, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট প্রভৃতি জারক পদার্থ।

যে পদার্থ অপর পদার্থে হাইড্রোজেন যোগ করে বা অপর পদার্থের তড়িৎ-ধনাত্মক অংশ বৃদ্ধি করে অথবা অক্সিজেন বা তড়িৎ-ঋণাত্মক অংশ হ্রাস করে

তাহাকে বিজারক পদার্থ বলে। বিজারণে বিজারক দ্রব্য নিজে জারিত হয়। হাইড্রোজেন, কার্বন্ মনোক্সাইড, স্ট্যানাস ক্লোরাইড প্রভৃতি বিজারক পদার্থ।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড একটি জারক পদার্থ। কারণ, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড লেড সালফাইডকে জারিত করিয়া লেড সালফেটে পরিণত করে।

(i) $PbS+4H_2O_2=PbSO_4+4H_2O$.

আবার, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ওজোনকে বিজারিত করিয়া অক্সিজেনে রূপান্তরিত করে। (ii) $H_2O_2+O_3=H_2O+2O_2$.

অতএব, দেখা যাইতেছে যে অবস্থা বিশেষে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড জারক ও বিজারক হিসাবে কাজ করিতে পারে। কিন্তু সমীকরণ (ii) লক্ষ্য করিলে দেখা যায় যে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড নিজেই বিজারিত হইয়া জলে পরিণত হয়। সুতরাং কার্যত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে বিজারক দ্রব্য হিসাবে গণ্য করা উচিত নহে।

নিম্নে সমীকরণ দ্বারা কতকগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকাশ করা হইল। প্রতি বিক্রিয়াতে কোন্‌টি জারক এবং কোন্‌টি বিজারক দ্রব্য তাহা যুক্তিসহ নির্দেশ করা হইল:

(i) $H_2S+Cl_2=2HCl+S$, (ii) $2H_2S+SO_2=2H_2O+3S$, (iii) $2FeCl_3+SO_2+2H_2O=2FeCl_2+2HCl+H_2SO_4$, (iv) $Cl_2+2H_2O+SO_2=2HCl+H_2SO_4$.

(i) ক্লোরিন হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে হাইড্রোজেনকে অপসারিত করিয়া উহাকে (হাইড্রোজেন সালফাইড) সালফারে জারিত করে। অতএব, ক্লোরিন জারক দ্রব্য। হাইড্রোজেন সালফাইড ক্লোরিনের সহিত হাইড্রোজেন যোগ করিয়া উহাকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে বিজারিত করিয়াছে। অতএব হাইড্রোজেন সালফাইড বিজারক দ্রব্য।

(ii) সালফার ডাই-অক্সাইড হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে হাইড্রোজেন অপসারিত করিয়া উহাকে সালফারে জারিত করিয়াছে। অতএব, সালফার ডাই-অক্সাইড জারক দ্রব্য। হাইড্রোজেন সালফাইড সালফার ডাই-অক্সাইড হইতে অক্সিজেন অপসারিত করিয়া উহাকে জারিত করিয়াছে। অতএব, হাইড্রোজেন সালফাইড বিজারক দ্রব্য।

(iii) সালফার ডাই-অক্সাইড তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল ক্লোরিনকে ফেরিক ক্লোরাইড হইতে আংশিকভাবে অপসারিত করিয়া উহাকে ফেরাস ক্লোরাইডে বিজারিত করে। এক্ষেত্রে সালফার ডাই-অক্সাইড বিজারক দ্রব্য। অতএব, পূর্ববর্তী উদাহরণ এবং এই উদাহরণটি হইতে বুঝিতে পারিতেছ যে একটি পদার্থ অবস্থা বিশেষে জারক ও বিজারক হিসাবে কার্য করিতে পারে। সালফার ডাই-অক্সাইডে তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের অনুপাত বৃদ্ধি পাইয়া উহা সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। ফেরিক ক্লোরাইড ইহা ঘটায় বলিয়া ফেরিক ক্লোরাইড একটি জারক দ্রব্য।

(iv) ক্লোরিনের সহিত হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সালফার ডাই-অক্সাইড ইহা ঘটায় বলিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড একটি বিজারক দ্রব্য। জলের উপস্থিতিতে ক্লোরিন সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে। সুতরাং ক্লোরিন একটি জারক দ্রব্য।

19-2. হাইড্রোজেন দ্বারা কপার অক্সাইডের বিজারণ এবং জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত নির্ধারণ।

নীতি ঃ উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস পরিচালনা করিলে জল উৎপন্ন হয় এবং কপার অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতব কপারে পরিণত হয়। $CuO+H_2=Cu+H_2O$। কপার অক্সাইডের ওজনের হ্রাস এবং উৎপন্ন জলের ওজন হইতে কত ওজনের হাইড্রোজেন অক্সিজেনের কত ওজনের সহিত মিলিত হইয়া জল উৎপন্ন করে তাহা সহজেই জানা যায়।

পরীক্ষা ঃ একটি উলফের বোতলে জিঙ্ক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে হাইড্রোজেন তৈরি করা হয় এবং এই হাইড্রোজেনকে যথাক্রমে লেড নাইট্রেট দ্রবণ, সিলভার সালফেট দ্রবণ, কঠিন কষ্টিক পটাস, গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড এবং ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বা ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড ভর্তি কতকগুলি 'U' নলের ভিতর দিয়া পরিচালনা করা হয়। ইহার ফলে উৎপাদিত হাইড্রোজেন বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হয়। একটি কাচের বালবের ভিতর খানিকটা শুষ্ক ও বিশুদ্ধ কপার অক্সাইড লইয়া উহাকে ওজন করা হয় এবং বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়। পূর্ববর্ণিত শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস এই উত্তপ্ত অক্সাইডের উপর দিয়া ধীরে ধীরে চালনা করা হয়। কাচের বালব্‌টির অপর প্রান্ত গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড পূর্ণ দুই-তিনটি 'U' নলের সহিত যুক্ত করা হয়। এই 'U' নলগুলিও পূর্ব হইতে ওজন করিয়া রাখা হয়। এই 'U' নলের ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড কাচের বাল্‌ব হইতে নির্গত জলীয় বাষ্প শুষিয়া নেয়। বিক্রিয়াশেষে বুনসেন দীপ সরাইয়া লইয়া হাইড্রোজেন গ্যাস চালাইয়া বালব্‌টিকে শীতল করা হয়। কপার অক্সাইডপূর্ণ বালব্‌টি এবং এই U নলগুলি (গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড পূর্ণ) পুনরায় ওজন করা হয়। এই ওজনগুলি হইতে জলের তৌলিক সংযুতি নির্ণয় করা হয়।

গণনা ঃ

পরীক্ষার আগে, বালব্‌ + কপার অক্সাইডের ওজন $= m_1$ গ্রাম।

'U' নল + গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $= m_3$ গ্রাম।

পরীক্ষার পরে, বালব্ + তামার ওজন $= m_2$ গ্রাম।

'U' নল + গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $= m_4$ গ্রাম।

সুতরাং, অক্সিজেনের ওজন $= (m_1 - m_2)$ গ্রাম।

এবং জলের ওজন $= (m_4 - m_3)$ গ্রাম।

হাইড্রোজেনের ওজন = জলের ওজন − অক্সিজেনের ওজন।

$= \{ m_4 - m_3) - (m_1 - m_2) \}$ গ্রাম।

সুতরাং, $\dfrac{\text{হাইড্রোজেনের ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}} = \dfrac{(m_4 - m_3) - (m_1 - m_2)}{m_1 - m_2}$

বস্তুত নিভু́ল পরীক্ষায় দেখা যায় যে হাইড্রোজেন : অক্সিজেন = 1 : 7·98। অর্থাৎ, 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে প্রায় 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে।

Questions

1. Explain oxidation and reduction with examples.

[উদাহরণসহ জারণ এবং বিজারণক্রিয়া ব্যাখ্যা কর।]

2. 'Oxidation and reduction occur simultaneously'—Discuss.

['জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া যুগপৎ ঘটে'—আলোচনা কর।]

3. Define with example oxidising and reducing agents. In what class will you place hydrogen peroxide and why ?

[উদাহরণসহ জারক ও বিজারক দ্রব্যের সংজ্ঞা লিখ। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে কোন্ শ্রেণীভুক্ত করিবে এবং কেন ?]

4. Below are given a few equations representing some chemical reactions. Indicate giving reasons, the oxidising and reducing agent in each case.

[নিম্নে সমীকরণদ্বারা কতকগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকাশ করা হইল। প্রতি বিক্রিয়াতে কোন্‌টি জারক এবং কোন্‌টি বিজারক দ্রব্য তাহা যুক্তিসহ নির্দেশ কর :]—

(a) $SnCl_2 + 2HCl + I_2 = SnCl_4 + 2HI$,

(b) $CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu$,

(c) $2FeCl_3 + SO_2 + 2H_2O = 2FeCl_2 + 2HCl + H_2SO_4$,

(d) $Cl_2 + 2H_2O + SO = 2HCl + H_2SO_4$,

(e) $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$.

একাদশ অধ্যায়

তড়িৎ-বিশ্লেষণ (Electrolysis)

তোমরা জান যে, সকল পদার্থই তড়িৎ পরিবহন করিতে পারে না। যেমন—কাঠ, চিনি ইত্যাদি তড়িৎ পরিবহনে অক্ষম। আবার স্বর্ণ, রৌপ্য, তাম্র ইত্যাদি তড়িৎ-সুপরিবাহী। তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্পর্কে কোন কিছু আলোচনা করিবার পূর্বে কতকগুলি প্রাসঙ্গিক সংজ্ঞা সম্পর্কে সম্যক্ অবহিত হওয়া বাঞ্ছনীয়। নিম্নে তাই প্রথমে এই সংজ্ঞাগুলি আলোচনা করা হইল।

যে-সমস্ত পদার্থ তড়িৎ পরিবহন করিতে পারে তাহাদের **তড়িৎ-পরিবাহী** (conductor) বলা হয়।

কিন্তু যাহারা তড়িৎ-পরিবহন করিতে অক্ষম তাহাদিগকে **তড়িৎ-অপরিবাহী** (non-conductor) বলা হয়।

যে সকল দ্রব্য দ্রবণে অথবা গলিত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহনকালে বিযোজিত হইয়া নূতন পদার্থ উৎপন্ন করে তাহাদিগকে **তড়িৎ-বিশ্লেষ্য** (electrolyte) বলা হয়। লবণ, ক্ষার, অ্যাসিড প্রভৃতি এই শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত।

তড়িতের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের এইরূপ বিযোজনকে **তড়িৎ-বিশ্লেষণ** (electrolysis) বলা হয়।

এমন অনেক পদার্থ আমরা জানি যাহারা কেবল তড়িৎ পরিবহন করিয়া থাকে এবং তড়িৎ-পরিবহনকালে তাহাদের কোনরূপ রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে না। ধাতুসমূহ এই শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত।

যে দণ্ড বা পাতের মাধ্যমে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বা তড়িৎ-বিশ্লেষক্ষম পদার্থের মধ্যে ব্যাটারী হইতে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করা হয় তাহাদিগকে বলা হয় তড়িৎ-দ্বার বা ইলেক্ট্রোড ; পজিটিভ মেরুর সহিত যুক্ত পাত বা দণ্ডটিকে **অ্যানোড** এবং নেগেটিভ মেরুর সহিত যুক্ত পাত বা দণ্ডটিকে **ক্যাথোড** নামে অভিহিত করা হয়।

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ ভাঙ্গিয়া যে দুই রকম তড়িৎ-বাহী কণায় পরিণত হয় তাহাদিগকে আয়ন বলা হয়। পরা-বিদ্যুৎযুক্ত আয়নকে ক্যাটায়ন বলে এবং অ্যানায়ন বলা হয় অপরা-বিদ্যুৎযুক্ত আয়নকে। যেমন, সোডিয়াম ক্লোরাইড একটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ। ইহা ভাঙ্গিয়া ক্যাটায়ন (Na^+) এবং অ্যানায়ন (Cl^-) উৎপন্ন হয়। $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$.

তড়িৎ-এর পরিমাণের একককে **কুলম্ব** বলে। কিন্তু তড়িৎ-প্রবাহ মাপিবার জন্য ব্যবহৃত একককে অ্যাম্পিয়ার বলা হয়। 1 অ্যাম্পিয়ার প্রবাহ 1 সেকেণ্ড চালাইবার ফলে যে-পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হয় তাহাকে 1 কুলম্ব পরিমাণ তড়িৎ বলা হয়। যদি কোন পদার্থের ভিতর দিয়া c অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ t সেকেণ্ড ধরিয়া চালনা করা হয় তাহা হইলে ব্যয়িত তড়িতের পরিমাণ :—

Q কুলম্ব $= c \times t$। অর্থাৎ, কুলম্ব = অ্যাম্পিয়ার × সেকেণ্ড।

তড়িৎ বা বিদ্যুতের পরিমাণের বৃহত্তর একককে ফ্যারাডে বলা হয়। যে পরিমাণ বিদ্যুৎ তড়িৎ-বিশ্লেষক্ষম পদার্থ হইতে 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ আয়ন উৎপন্ন করে তাহাকে 1 ফ্যারাডে বিদ্যুৎ বলা হয়।

1 ফ্যারাডে = 96,500 কুলম্ব।

11-1. তড়িৎ-বিশ্লেষণ (Electrolysis) : দ্রবণে তড়িৎ-বিশ্লেষক্ষম পদার্থের অণুগুলির অল্পাধিক অংশ আয়নরূপে বিশ্লিষ্ট হয়। এই বিশ্লিষ্ট আয়ন ও অ-বিশ্লিষ্ট অণুগুলি সাম্য রক্ষা করে। যথা, $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$

তড়িৎ-বিশ্লেষণে অবিশ্লিষ্ট অণুসমূহ তড়িৎ-প্রবাহ পরিবহনে কোন অংশ গ্রহণ করে না। আয়নগুলিই তড়িৎ-পরিবহন করিয়া থাকে। পজিটিভ আয়ন এবং নিগেটিভ আয়ন (ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন) যথাক্রমে নিগেটিভ ও পজিটিভ (ঋণাত্মক ও ধনাত্মক) তড়িৎ-দ্বারের দিকে ধাবিত হয় এবং বিপরীত-ধর্মী তড়িৎ-স্পর্শে প্রশমিত হইয়া নিরপেক্ষ পদার্থকণায় রূপান্তরিত হয়। দ্রবণে এইভাবে আয়নের সংখ্যা কমিতে থাকে এবং ইহার ফলে বিশ্লিষ্ট আয়ন ও অবিশ্লিষ্ট অণুসমূহের মধ্যে যে সাম্য বিদ্যমান তাহা নষ্ট হইয়া যায়। এই সাম্য রক্ষা করিবার জন্য অবিশ্লিষ্ট অণুসমূহ বিশ্লিষ্ট হইয়া নূতন আয়ন উৎপন্ন করে।

গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ : দ্রবণে নিম্ন-লিখিত আয়নগুলি বর্তমান—H^+, Cl^- এবং OH^-।

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-,\ H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-।$$

গ্রাফাইট তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে তড়িৎ প্রবাহিত করিলে H^+ আয়ন ক্যাথোডে যাইয়া ইলেকট্রন গ্রহণ করে এবং নিরপেক্ষ হাইড্রোজেন পরমাণুতে পরিণত হয়। দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন অণুতে পরিণত হয় এবং গ্যাসীয় হাইড্রোজেনরূপে ক্যাথোড হইতে নির্গত হয়। $H^+ + e = H$, $H + H = H_2$। আবার Cl^- আয়ন এবং OH^- আয়ন উভয়ই অ্যানোডে যায় কিন্তু কেবলমাত্র Cl^- আয়নই অ্যানোডের সংস্পর্শে ইলেকট্রন

পরিত্যাগ করে, OH^- আয়ন করে না। ফলে, Cl^- আয়ন প্রথমে নিরপেক্ষ ক্লোরিন পরমাণু এবং পরে ক্লোরিন অণুতে পরিণত হইয়া ক্লোরিণ গ্যাসরূপে অ্যানোড হইতে নির্গত হয়। $Cl^- - e = Cl$, $Cl + Cl = Cl_2$।

সোডিয়াম সালফেটের তড়িৎ-বিশ্লেষণঃ সোডিয়াম সালফেটের জলীয় দ্রবণে Na^+, $SO_4^=$, H^+ এবং OH^- আয়ন বর্তমান। প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে Na^+ আয়ন এবং H^+ আয়ন ক্যাথোডে যায়। কিন্তু কেবলমাত্র H^+ আয়ন ক্যাথোড সংস্পর্শে ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া হাইড্রোজেন পরমাণুতে এবং পরে হাইড্রোজেন অণুতে পরিণত হইয়া ক্যাথোড হইতে গ্যাসরূপে নির্গত হয়। সেইরূপে $SO_4^=$ এবং OH^- আয়ন অ্যানোডে যায় কিন্তু কেবলমাত্র OH^- আয়নই অ্যানোড সংস্পর্শে ইলেকট্রন পরিত্যাগ করে এবং নিরপেক্ষ OH মূলকে পরিণত হয়। অতঃপর হাইড্রক্সিল মূলকগুলি নিজেদের ভিতর বিক্রিয়া করিয়া জল এবং অক্সিজেন গঠন করে। এই অক্সিজেন অ্যানোড হইতে গ্যাসরূপে নির্গত হয়।

$$OH^- - e = OH \; ; \; 4OH = 2H_2O + O_2$$

অতএব, দেখা যাইতেছে যে, তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ সোডিয়াম সালফেটের কোন আয়নই মুক্ত (discharge) হইতেছে না ; কেবল জলের অণুগুলি ভাঙ্গিয়া যাইতেছে।

জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণঃ জল একটি মৃদু বিশ্লেষক্ষম (weak electrolyte) পদার্থ। ইহা অতি অল্প পরিমাণে H^+ আয়ন ও OH^- আয়নে বিশ্লিষ্ট হয়। এই কারণেই জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণে সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত জল লওয়া হয়। এই দ্রবণে নিম্নলিখিত আয়নগুলি বর্তমানঃ H^+, $SO_4^=$, OH^-। প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে লঘু জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে H^+ আয়ন ক্যাথোডে যায় এবং তথা হইতে যথারীতি (পূর্বে বর্ণনা করা হইয়াছে) হাইড্রোজেন গ্যাসরূপে নির্গত হয়। আবার $SO_4^=$ আয়ন এবং OH^- আয়ন উভয়ই অ্যানোড-দ্বারে যায় কিন্তু কেবলমাত্র OH^- আয়ন ইলেকট্রন পরিত্যাগ করে ; $SO_4^=$ আয়ন করে না। ফলে, OH^- আয়ন নিরপেক্ষ OH মূলকে পরিণত হয় এবং উহারা বিক্রিয়া করিয়া জল ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। এই অক্সিজেন অ্যানোড হইতে নির্গত হয়।

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^= \; ; \quad H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

$$\left.\begin{array}{l} H^+ + e = H \\ H + H = H_2 \end{array}\right\} \text{ক্যাথোডে,} \quad \left.\begin{array}{l} OH^- - e = OH \\ 4OH = 2H_2O + O_2 \end{array}\right\} \text{অ্যানোডে}$$

অতএব, লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোড হইতে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোড হইতে অক্সিজেন নির্গত হয়।

লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণেও ক্যাথোড হইতে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোড হইতে অক্সিজেন নির্গত হয় এবং ইহাও একই প্রকারে ব্যাখ্যা করা যায়। কিন্তু সালফিউরিক অ্যাসিডের গাঢ়তা বেশী (50%) হইলে, তড়িৎ-বিশ্লেষণে পারসালফিউরিক অ্যাসিড গঠিত হয়। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া বেশী মাত্রায় তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে সালফিউরিক অ্যাসিড নিম্নরূপে আয়নিত হয়: $H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$। H^+ আয়ন ক্যাথোড দ্বারা আকৃষ্ট হয় এবং তথা হইতে যথারীতি (পূর্বে বর্ণনা করা হইয়াছে) গ্যাসরূপে নির্গত হয়; HSO_4^- আয়ন অ্যানোডে যায় এবং অ্যানোড সংস্পর্শে ইলেকট্রন পরিত্যাগ করিয়া নিরপেক্ষ HSO_4 মূলকে পরিণত হয়। এই মূলকগুলি অস্থায়ী এবং দুই দুইটি যুক্ত হইয়া পারসালফিউরিক অ্যাসিড $H_2S_2O_8$ গঠন করে।

$$\left.\begin{aligned} H^+ + e &= H \\ H + H &= H_2 \end{aligned}\right\} \text{ক্যাথোডে} \qquad \left.\begin{aligned} HSO_4^- - e &= HSO_4 \\ 2HSO_4 &= H_2S_2O_8 \end{aligned}\right\} \text{অ্যানোডে}$$

Questions

1. Define : Conductor, non-conductor, electrolyte, electrolysis, anode, cathode, ion, coulomb and Faraday.

[সংজ্ঞা লিখ :—তড়িৎ-পরিবাহী, তড়িৎ-অপরিবাহী, তড়িৎ-বিশ্লেষ্য, তড়িৎ-বিশ্লেষণ, অ্যানোড, ক্যাথোড, আয়ন, কুলম্ব ও ফ্যারাডে।]

2. Explain what happens when electric current is passed for sometime (the respective electrode being mentioned within the first bracket) through each of the following substances : (a) a conc. solution of hydrochloric acid (graphite electrode), (b) an aqueous solution of sodium chloride (graphite electrode), (c) an aqueous solution of sodium sulphate (platinum electrode), (d) a sulphuric acid solution platinum electrode).

[নিম্নলিখিত পদার্থগুলির প্রতিটির ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে কি ঘটে তাহা ব্যাখ্যা কর (প্রতিক্ষেত্রে প্রথম বন্ধনীর ভিতর তড়িৎ-দ্বারের উল্লেখ করা হইয়াছে।) :—

(a) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গাঢ় জলীয় দ্রবণ (গ্রাফাইট তড়িৎ-দ্বার), (b) সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ (গ্রাফাইট তড়িৎ-দ্বার), (c) সোডিয়াম সালফেটের জলীয় দ্রবণ (প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার), (d) সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ (প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার)।]

দ্বাদশ অধ্যায়

অ্যামোনিয়া (Ammonia)

সঙ্কেত-NH_3. আণবিক গুরুত্ব=17. বাষ্প-ঘনত্ব=8·5

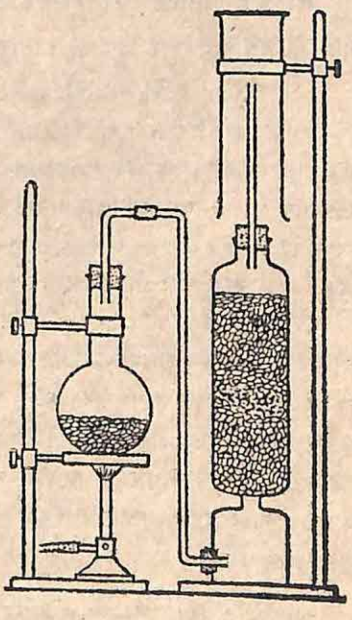
অবস্থান : বায়ুতে কোন কোন সময় অতি অল্প পরিমাণে অ্যামোনিয়ার অস্তিত্ব দেখিতে পাওয়া যায়। নাইট্রোজেন ঘটিত জৈব যৌগের পচনে অ্যামোনিয়া এবং অ্যামোনিয়াম লবণ গঠিত হইয়া থাকে। জীবজন্তুর মূত্রে ইউরিয়া নামক একটি জৈব যৌগ বর্তমান। ইহার উপর জীবাণুর ক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম কার্বনেট গঠিত হয়। এই অ্যামোনিয়াম কার্বনেট ধীরে ধীরে বিযোজিত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করিয়া থাকে এবং এই কারণে প্রস্রাবাগারে এবং আস্তাবলের নিকটবর্তী স্থানে অ্যামোনিয়ার গন্ধ পাওয়া যায়।

12-1. প্রস্তুতি (Preparation)

রসায়নাগার পদ্ধতি : অ্যামোনিয়ার যে-কোন লবণের সহিত ক্ষারক জাতীয় পদার্থ মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। রসায়নাগারে সাধারণতঃ নিশাদল (অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড) এবং কলিচুন (slaked lime) বা পোড়া চুনের (quick lime) মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয়।

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = 2NH_3 + CaCl_2 + 2H_2O$$
$$2NH_4Cl + CaO = 2NH_3 + CaCl_2 + H_2O$$

পরীক্ষা : এক ভাগ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড প্রায় তিন ভাগ শুষ্ক কলিচুনের (slaked lime) সঙ্গে উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া একটি গোল কূপীর ভিতরে লও। কূপীটির মুখে কর্কের ভিতর দিয়া একটি নির্গম নল আঁটিয়া দাও। নির্গম নলের অপর প্রান্ত একটি পোড়াচূনপূর্ণ স্তম্ভের (lower) নীচের মুখে আঁটিয়া দাও। এই স্তম্ভের উপরের মুখে যে নল আছে (নির্গম নল) তাহার উপর ধারক এবং বলয়ের সাহায্যে একটি গ্যাসজার উপুড় করিয়া রাখ। কূপীটি তারজালির উপর রাখিয়া বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত কর। আর্দ্র অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গম নল দিয়া বাহির হইয়া স্তম্ভের মধ্যে প্রবেশ করিবে এবং স্তম্ভের পোড়াচুন অ্যামোনিয়ার সহিত যে জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে তাহা শুষিয়া লইবে। এই শুষ্ক অ্যামোনিয়া স্তম্ভের নির্গম


অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির রসায়নাগার পদ্ধতি

নল (outlet) দিয়া বাহির হইয়া বায়ুকে নীচের দিকে সরাইয়া দিয়া (নিম্নভ্রংশ বা downward displacement) গ্যাসজারে সঞ্চিত হইবে। জলে অ্যামোনিয়ার দ্রাব্যতা খুব বেশী বলিয়া উহা জলের অপসারণ দ্বারা সঞ্চয় করা যায় না।

অ্যামোনিয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যামোনিয়াম সালফেট গঠন করে এবং ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড ও জলের সহিত অ্যামোনিয়া অ্যামোনিয়াম ফস্‌ফেট গঠন করে। আবার ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা অ্যামোনিয়া শোষিত হয় এবং $CaCl_2, 8NH_3$ যৌগটি গঠন করে। তাই গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড, ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড বা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড—ইহাদের কোনটির দ্বারাই অ্যামোনিয়া গ্যাস শুষ্ক করা যায় না।

সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে শিল্পোৎপাদন ঃ অধিক পরিমাণে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করিবার যতগুলি পদ্ধতি আছে তন্মধ্যে হেবার প্রণালীই বিশেষ সুবিধাজনক।

নীতি ঃ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় এবং চাপে উপযুক্ত অনুঘটকের প্রভাবে নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেন রাসায়নিক সংযোগে অ্যামোনিয়া গঠন করে।

$$N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3+x \text{ ক্যালরি।}$$

এই সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে (i) 1-ভাগ আয়তনের নাইট্রোজেন 3-ভাগ আয়তনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 2-ভাগ আয়তনের অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। অর্থাৎ অ্যামোনিয়া উৎপাদনে গ্যাসের অ্যায়তন কমিয়া যায়। সুতরাং চাপ যত বেশী হইবে তত বেশী অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইবে, কিন্তু চাপ যত বেশী হয় তাহা সহ্য করিবার যান্ত্রিক ব্যবস্থা করা তত কঠিন হইয়া পড়ে। তাই সাধারণতঃ গ্যাস মিশ্রণের চাপ 200 অ্যাটমস্‌ফিয়ার রাখা হয়।

(ii) বিক্রিয়াটি তাপ উৎপাদক। তাই, তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে অ্যামোনিয়ার পরিমাণ কমিতে থাকিবে। কিন্তু কম তাপমাত্রায় বিক্রিয়ার বেগ এত কমিয়া যায় যে তাহা শিল্পে লাভজনক নহে। সুতরাং এই দুই অবস্থার সমন্বয় সাধন করিয়া প্রায় 550°C উষ্ণতায় বিক্রিয়াটি সম্পন্ন করা হয়।

ইহা ছাড়া, প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায় যে (iii) উপযুক্ত উষ্ণতা এবং চাপের-অধীনে থাকিলেও নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেন অনুঘটক ব্যতিরেকে সহজে এবং দ্রুত মিলিত হয় না। তাই, লৌহচূর অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হয় এবং মলিবডেনাম ধাতু উদ্দীপক হিসাবে লৌহচূরের সহিত মিশ্রিত করিয়া দেওয়া হয়।

পদ্ধতি ঃ অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির জন্য নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন আজকাল বেশীর ভাগ ক্ষেত্রেই বস্‌ প্রণালীতে (Bosch process) প্রস্তুত করা হয় ;

অর্থাৎ প্রডিউসার গ্যাস ও ওয়াটার গ্যাস এরূপভাবে মিশ্রিত করা হয় যাহাতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের আয়তনের অনুপাত 1 : 3 হয়। এই গ্যাস মিশ্রিত হইতে অবাঞ্ছিত পদার্থগুলি, যথা—কার্বন মনোক্সাইড, জলীয় বাষ্প প্রভৃতি দূরীভূত করা হয়। এই শুষ্ক ও বিশুদ্ধ গ্যাস মিশ্রণটি পাম্পের সাহায্যে 200 অ্যাটমস্‌ফিয়ার চাপে সংনমিত (compressed) করিয়া বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠে পাঠান হয়। গ্যাস মিশ্রণটি এখানে 550°C উষ্ণতায় লৌহচুর অনুঘটকের সংস্পর্শে আসে এবং নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন রাসায়নিক সংযোগে অ্যামোনিয়া গঠন করে। বর্তমানে পটাসিয়াম অক্সাইড ও অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড মিশ্রিত আয়রন অক্সাইড লৌহচুরের পরিবর্তে অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হয়। বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠ হইতে যে গ্যাস বাহির হয় তাহা অ্যামোনিয়া এবং অপরিবর্তিত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ। নির্গত গ্যাস মিশ্রণটি শীতল করিয়া অত্যধিক চাপে সঙ্কুচিত করা হয়। ইহার ফলে অ্যামোনিয়া তরলে পরিণত হয়, কিন্তু অপরিবর্তিত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন অবিকৃত থাকে। তরল অ্যামোনিয়া কোন নির্দিষ্ট পাত্রে সঞ্চিত করা হয়। অপরিবর্তিত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন নূতন গ্যাস মিশ্রণের সহিত মিশ্রিত করিয়া চাপের সাহায্যে পুনরায় বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠে পাঠান হয় এবং আরও অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। এইভাবে পদ্ধতিটি চলিতে থাকে।

12·2. ধর্ম (Properties)

ভৌত ধর্ম ঃ অ্যামোনিয়া তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত একটি বর্ণহীন গ্যাস। জলে ইহার দ্রাব্যতা খুব বেশী। ইহা বায়ু অপেক্ষা অনেক হাল্‌কা এবং ইহাকে সহজেই তরলে পরিণত করা যায়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ (i) জলে অ্যামোনিয়া দ্রবীভূত হইলে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয়। $NH_3-H_2O=NH_4OH$.

অ্যামোনিয়ার গাঢ় জলীয় দ্রবণকে লাইকার অ্যামোনিয়া (liquor ammonia) বলে।

(ii) অ্যামোনিয়া একটি স্থায়ী যৌগ, কিন্তু উচ্চ তাপমাত্রায় সম্পূর্ণরূপে ভাঙ্গিয়া যায়। $2NH_3=N_2+3H_2$

(iii) অ্যামোনিয়া নিজে দহনশীল নয়, অপরের দহনেও সাহায্য করে না। কিন্তু অবিমিশ্র অক্সিজেনে ইহা হলুদ শিখার সহিত জ্বলে।

$$4NH_3+3O_2=6H_2O+2N_2.$$

(iv) অ্যামোনিয়া ও অক্সিজেনের মিশ্রণ বিস্ফোরক। অ্যামোনিয়া এবং বাতাস বা অক্সিজেনের মিশ্রণ উত্তপ্ত প্লাটিনাম জালির উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$4NH_3+5O_2=4NO+6H_2O.$$

(v) উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া অ্যামোনিয়া প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$3CuO+2NH_3=3Cu+N_2+3H_2O.$$

(vii) অ্যামোনিয়া গ্যাস উত্তপ্ত সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ধাতুর উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে অ্যামাইড জাতীয় পদার্থ উৎপন্ন হয়।

$$2NH_3+2Na=2NaNH_2 \text{ (সোডামাইড)}+H_2.$$

অ্যামাইড জলের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া পুনর্গঠিত করে।

$$NaNH_2+H_2O=NH_3+NaOH.$$

(vii) ক্লোরিনের সহিত অ্যামোনিয়ার রাসায়নিক বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন এবং অতি বিস্ফোরক নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

অ্যামোনিয়া বেশী থাকিলে, নাইট্রোজেন কিন্তু অ্যামোনিয়া কম থাকিলে, নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$2NH_3+3Cl_2=N_2+6HCl$$

$$2NH_3+6Cl_2=2NCl_3 \text{ (নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড)}+6HCl$$

(viii) অ্যামোনিয়া ক্ষারক পদার্থ। ইহা অ্যাসিডকে প্রশমিত করিয়া অ্যামোনিয়ার লবণ উৎপন্ন করে। যথা,

$$NH_3+HCl=NH_4Cl \text{ (অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড)}।$$

জল ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া অ্যামোনিয়াম কার্বনেট গঠন করে। $2NH_3+H_2O+CO_2=(NH_4)_2CO_3.$

(ix) অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড অর্থাৎ অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ কোন কোন লবণের দ্রবণ হইতে ধাতব হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে। যথা,

$$FeCl_3+3NH_4OH=Fe(OH)_3 \text{ (ফেরিক হাইড্রক্সাইড)}+3NH_4Cl.$$

কোন কোন ক্ষেত্রে আবার এই অদ্রাব্য হাইড্রক্সাইড অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় দ্রাব্য জটিল যৌগ গঠন করিয়া দ্রবীভূত হয়।

(x) নেস্‌লার দ্রবণের (Nessler's solution) মধ্যে অ্যামোনিয়া গ্যাস পরিচালনা করিলে তামাটে রঙের অধঃক্ষেপ পতিত হয়।

$$NH_3+\underset{\text{(নেস্‌লার দ্রবণ)}}{2K_2HgI_4}+3KOH=IHg.O\,HgNH_2+7KI+2H_2O.$$

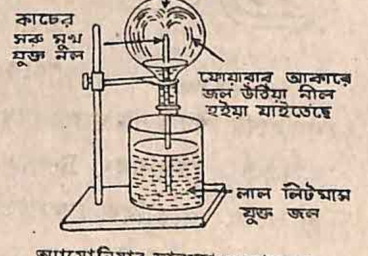
(xi) সিলভার ক্লোরাইডের সহিত অ্যামোনিয়া ক্রিয়া করিয়া জলে দ্রবণীয় $Ag(NH_3)_2Cl$ উৎপন্ন করে।

$$AgCl + 2NH_4OH = Ag(NH_3)_2Cl + 2H_2O.$$

12-3. ব্যবহার : (i) অ্যামোনিয়াম সালফেট, ফস্‌ফেট, নাইট্রেট প্রভৃতি সার তৈরী করিবার জন্য প্রচুর পরিমাণে অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়। (ii) ক্ষারক হিসাবে রসায়নাগারে অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়। (iii) ওস্‌ওয়াল্ড প্রণালীতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে অ্যামোনিয়ার প্রয়োজন হয়। (iv) সল্‌ভে প্রণালীতে কাপড় কাচা সোডা অর্থাৎ সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করিতে অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়। (v) বরফ প্রস্তুতি শিল্পে প্রশীতক (refrigerant) হিসাবে ইহার প্রয়োজন হয়। (vi) স্মেলিং সল্ট হিসাবে অ্যামোনিয়ার লবণ ব্যবহার করা হয়।

12-4. অ্যামোনিয়ার কয়েকটি বিশেষ ধর্ম প্রদর্শনের পরীক্ষা

অ্যামোনিয়া জলে দ্রবণীয় এবং ইহা একটি ক্ষারধর্মী গ্যাস। এক একটি গোল তলাবিশিষ্ট ফ্লাস্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্বারা ভর্তি করিয়া উহার মুখ একটি কর্ক দ্বারা আঁটিয়া দাও। কর্কের ছিদ্র দিয়া স্টপককযুক্ত একটি লম্বা সূচল-মুখ কাচের নল ফ্লাস্কের ভিতর প্রবেশ করাও। এখন ফ্লাস্কটি উপুড় করিয়া ধারক এবং বলয়ের সাহায্যে একটি দণ্ডের সহিত বাঁধিয়া রাখ যাহাতে লম্বা নলটির অপর প্রান্ত ফ্লাস্কটির ঠিক নীচে অবস্থিত একটি বীকারের মধ্যে প্রবেশ করে। এই বীকারটি লাল লিটমাসের দ্রবণ দ্বারা ভর্তি কর। লক্ষ্য রাখিবে লম্বা কাচ-নলটির মুখ যেন দ্রবণের মধ্যে ডুবিয়া থাকে। অল্প অল্প করিয়া ফ্লাস্কটির উপরে ইথার ঢালিয়া ফ্লাস্কটিকে শীতল কর। ইহার ফলে ফ্লাস্কটির ভিতরের অ্যামোনিয়া গ্যাস সঙ্কুচিত হইয়া আংশিক শূন্যতা সৃষ্টি করে। এইবার স্টপককটি খুলিয়া দাও। লিটমাস দ্রবণ এই শূন্যতা পূরণ করিবার জন্য নল দিয়া ফ্লাস্কের মধ্যে প্রবেশ করিবে। অ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে আসিয়া লাল লিটমাস নীল হইয়া যায় এবং অ্যামোনিয়া জলে দ্রবীভূত হয়। ইহার ফলে ফ্লাস্কের মধ্যে যে ব্যাপক শূন্যতা সৃষ্টি হয় তাহা পূরণের জন্য জল ফোয়ারার আকারে ফ্লাস্কের

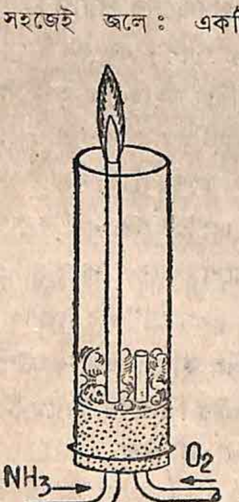


অ্যামোনিয়ার দ্রাব্যতা ও ক্ষারকত্ব দেখাইবার পরীক্ষা

ভিতর প্রবেশ করে। এই পরীক্ষাটিকে ফোয়ারা পরীক্ষা (Fountain experiment) বলা হয়।

অ্যামোনিয়া গ্যাস বায়ু অপেক্ষা হাল্‌কা : একটি অ্যামোনিয়াপূর্ণ গ্যাসজারের উপর বায়ুপূর্ণ গ্যাস-জার উপুড় করিয়া ধর এবং অ্যামোনিয়াপূর্ণ জারটির ঢাক্‌না সরাইয়া লও। কিছুক্ষণ পরে লাল লিটমাস দ্রবণে সিক্ত কাগজ উপরের জারের মুখে ধর, কাগজখানা নীলবর্ণ ধারণ করে। এইরূপে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে সিক্ত একটি কাচদণ্ড উপরের জারের মুখে ধরিলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়। সুতরাং ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে অ্যামোনিয়া বায়ুকে অপসারিত করিয়া উপরের জারে সঞ্চিত হয়। অ্যামোনিয়া গ্যাস বায়ু অপেক্ষা হাল্‌কা বলিয়াই এইরূপ ঘটে।

অ্যামোনিয়া গ্যাস অদাহ্য এবং দহনের সহায়কও নহে কিন্তু ইহা অক্সিজেনে সহজেই জ্বলে : একটি অ্যামোনিয়াপূর্ণ গ্যাসজারে জ্বলন্ত শলাকা ঢুকাও, শলাকা নিভিয়া যায়, অ্যামোনিয়া গ্যাসও জ্বলে না। একটি কাচের চিমনির নীচের মুখটি দুই-ছিদ্রযুক্ত একটি কর্কের সাহায্যে বন্ধ করিয়া দাও। কর্কের ছিদ্রের ভিতর দিয়া সমকোণে বাঁকানো একটি ছোট এবং একটি বেশ বড় কাচনল এমনভাবে লাগাও যেন বড় নলটি চিমনির শেষ প্রান্ত পর্যন্ত পৌঁছায় এবং ছোট নলটি যেন ঠিক কর্কের উপরে শেষ হয়। কর্কের উপরে কিছুটা তুলা রাখ। এখন ছোট নলের ভিতর দিয়া অক্সিজেন এবং বড় নলের ভিতর দিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত কর। পরে বড় নলটির মুখে জ্বলন্ত শলাকা দিয়া আগুন ধরাইয়া দাও—অ্যামোনিয়া হলুদ বর্ণের শিখায় বড় নলের মুখে আস্তে আস্তে জ্বলিতে থাকিবে।

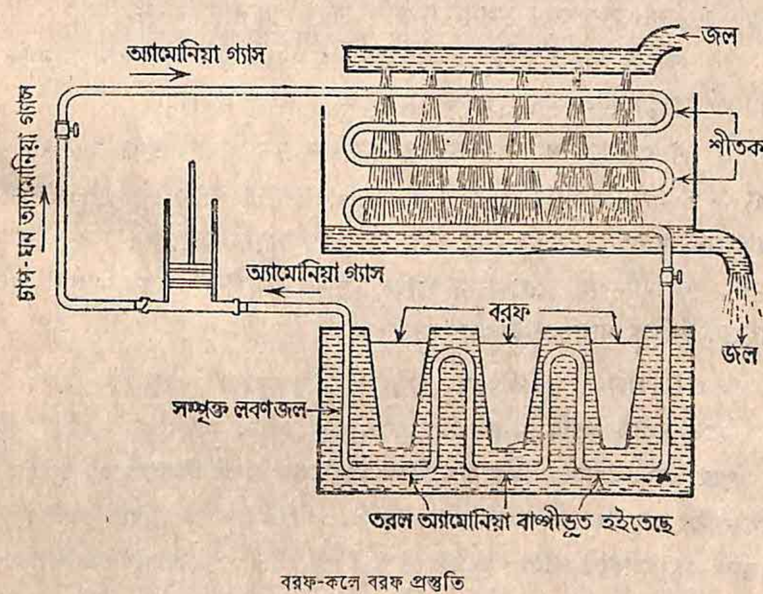


অক্সিজেনে অ্যামোনিয়ার দহনের পরীক্ষা

12-5. হিমায়ন (Refrigeration) : শুষ্ক অ্যামোনিয়াকে উপযুক্ত চাপ প্রয়োগে স্বাভাবিক উষ্ণতাতেই তরলে পরিণত করা যায়। এই তরল অ্যামোনিয়াকে বাষ্পীভূত হইতে দিলে, বাষ্পীভবনের জন্য প্রয়োজনীয় লীন তাপ (latent heat of vapourisation) তরল অ্যামোনিয়া উহার পারিপার্শ্বিক হইতে গ্রহণ করে ; ফলে পারিপার্শ্বিক শীতল হইয়া পড়ে। এই নীতির উপর

ভিত্তি করিয়া কিভাবে বরফ-কলে বরফ প্রস্তুত করা হয় তাহা চিত্র সহ নিম্নে বর্ণনা করা হইল।

শুষ্ক অ্যামোনিয়াকে চাপপ্রয়োগে সংনমিত (compressed) করিয়া কুণ্ডলীকৃত শীতকের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। কুণ্ডলীকৃত শীতককে শীতল জলধারায় শীতল রাখা হয়। চাপপ্রয়োগের ফলে অ্যামোনিয়ার উষ্ণতা খানিকটা বৃদ্ধি পায় বটে কিন্তু শীতকের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইবার ফলে উষ্ণতা পুনরায় হ্রাস পাইয়া থাকে। এই সম্পূর্ণ প্রক্রিয়াটির ফলে অ্যামোনিয়া তরলে পরিণত হয়। সম্পৃক্ত লবণ-দ্রবে পূর্ণ একটি ট্যাঙ্কের ভিতর অপর একটি কুণ্ডলীকৃত নল নিমজ্জিত থাকে। কতকগুলি চতুষ্কোণ টিনের পাত্র পরিস্রুত জলে পূর্ণ



বরফ-কলে বরফ প্রস্তুতি

করিয়া এই লবণ-দ্রবে রাখিয়া দেওয়া হয়। উচ্চ চাপ হইতে তরল অ্যামোনিয়া একটি সম্প্রসারক ভাল্‌বের মাধ্যমে দ্বিতীয় কুণ্ডলীকৃত নলে (লবণ-দ্রবে নিমজ্জিত নল) নিম্নচাপে বাষ্পীভূত হয়। এই বাষ্পীভবনের জন্য প্রয়োজনীয় লীন তাপ অ্যামোনিয়া জলাধারটি হইতে গ্রহণ করিয়া থাকে। ফলে লবণ-দ্রবের উষ্ণতা 0°C-এর নীচে নামিয়া যায় এবং টিনের পাত্রস্থিত জল কঠিন বরফে পরিণত হয়। অ্যামোনিয়া গ্যাসকে পুনরায় পাম্পের সাহায্যে সংনমিত করিয়া তরলে পরিণত করা হয় এবং এই পদ্ধতির পুনরাবৃত্তি করা হয়। অতএব, একই

অ্যামোনিয়া বারংবার ব্যবহার করা হয় যাহার ফলে খরচ পড়ে খুব কম এবং বরফও খুব সস্তায় সরবরাহ করা যাইতে পারে। তোমরা অনেকেই হয়ত হিমায়ক (refrigerator) এবং হিমকক্ষ দেখিয়া থাকিবে। ইহার কার্যনীতি এই বরফ-প্রস্তুতির নীতির উপর প্রতিষ্ঠিত। আজকাল অবশ্য অ্যামোনিয়ার পরিবর্তে হিমায়কে মিথাইল ক্লোরাইড, ফ্রিয়ন ইত্যাদি ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

12·6. অ্যামোনিয়াম লবণসমূহ (Ammonium salts) : অ্যামোনিয়া যদিও একটি মৃদু ক্ষারক, ইহা অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় সুস্থিত (stable) লবণসমূহ গঠন করে। এই লবণসমূহ অ্যামোনিয়াম লবণ নামে পরিচিত। অ্যামোনিয়াম লবণসমূহে অ্যামোনিয়াম মূলক বর্তমান এবং মূলকটি ক্ষারীয় ধাতুর ন্যায় আচরণ করে। অ্যামোনিয়াম লবণগুলির সাধারণ ধর্ম হইল :

(i) ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম লবণ হইতে অ্যামোনিয়া নির্গত হয়। $(NH_4)_2SO_4 + 2KOH = 2NH_3 + K_2SO_4 + 2H_2O$

(ii) তাপপ্রয়োগে অ্যামোনিয়ার কোন কোন লবণ বিযোজিত (decompose) এবং কোন কোন লবণ বিয়োজিত (dissociate) হইয়া থাকে। তাপপ্রয়োগে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট বিযোজিত হইয়া নাইট্রাস অক্সাইড এবং জল গঠন করে কিন্তু অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড বিয়োজিত হইয়া অ্যামোনিয়া এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O \; ; \; NH_4Cl = NH_3 + HCl$$

নিম্নে অ্যামোনিয়ার কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ লবণ সম্পর্কে আলোচনা করা হইল :

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে অ্যামোনিয়া অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করে। সুতরাং, অ্যাসিডের সাহায্যে অ্যামোনিয়াকে প্রশমিত করিয়া অ্যামোনিয়ার লবণসমূহ প্রস্তুত করা যাইতে পারে। কিন্তু অ্যামোনিয়াম লবণসমূহ সাধারণত অ্যামোনিয়াম সালফেট হইতে প্রস্তুত করা হইয়া থাকে এবং গ্যাস কারখানায় (coal gas work) যে অ্যামোনিয়া উপজাত (by-product) হিসাবে পাওয়া যায় উহাকে সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা প্রশমিত করিয়া এই অ্যামোনিয়াম সালফেট প্রস্তুত করা হয়।

অ্যামোনিয়াম সালফেট $(NH_4)_2SO_4$: ইহা নিম্নবর্ণিত যে-কোন পদ্ধতির সাহায্যেও প্রস্তুত করা যাইতে পারে।

(a) 60% সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের ভিতর দিয়া অ্যামোনিয়া প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়াম সালফেট গঠিত হয়।

(b) জলে জিপসাম প্রলম্বিত রাখিয়া জলের ভিতর দিয়া প্রথমে অ্যামোনিয়া ও পরে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করিলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং দ্রবণে গঠিত হয় অ্যামোনিয়াম সালফেট।

$$CaSO_4 + H_2O + 2NH_3 + CO_2 = CaCO_3 + (NH_4)_2SO_4$$

অ্যামোনিয়াম সালফেট কেলাস দেখিতে স্বচ্ছ এবং পটাসিয়াম সালফেটের সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন (isomorphous)। জলে ইহার দ্রাব্যতা অধিক।

ইহা রসায়নাগারে বিকারক হিসাবে এবং কৃষিকার্যে সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া, অন্যান্য অ্যামোনিয়াম লবণ প্রস্তুতিতেও ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, NH_4Cl.

ইহা নিম্নলিখিত পদ্ধতিগুলির সাহায্যে প্রস্তুত করা যাইতে পারে।

(i) অ্যামোনিয়াকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা প্রশমিত করিলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। $NH_3 + HCl = NH_4Cl$.

(ii) অ্যামোনিয়াম সালফেট এবং খাদ্য-লবণের মিশ্রণ পাতিত করিলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎক্ষেপ হিসাবে সঞ্চিত হয়।

$$2NaCl + (NH_4)_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2NH_4Cl$$

ইহা একটি সাদা কেলাসিত কঠিন পদার্থ। জলে ইহার দ্রবণীয়তা অত্যধিক। জলে ইহাকে দ্রবীভূত করিলে দ্রবণের উষ্ণতা বিশেষভাবে হ্রাস পায়। তাপ-প্রয়োগে ইহা বিয়োজিত হইয়া অ্যামোনিয়া এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

রসায়নাগারে ইহা বিকারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়; ইহা ছাড়া, তড়িৎ কোষ নির্মাণে, ঔষধ হিসাবে এবং রঞ্জনশিল্পে ইহার প্রচুর ব্যবহার দেখা যায়।

অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, NH_4NO_3 : অ্যামোনিয়াকে 60% নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা প্রশমিত করিয়া বা জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়াম সালফেট এবং সোডিয়াম নাইট্রেট মিশ্রিত করিয়া ইহা প্রস্তুত করা যাইতে পারে। $(NH_4)_2SO_4 + 2NaNO_3 = Na_2SO_4 + 2NH_4NO_3$। উষ্ণ দ্রবণ হইতে সোডিয়াম সালফেট প্রথমে কেলাসিত হয়। অতঃপর ইহাকে অপসারিত করিয়া দ্রবণকে শীতল করিলে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট কেলাসিত হয়।

ইহা একটি কেলাসিত কঠিন লবণ। দেখিতে সাদা এবং জলে অধিক দ্রাব্য। উত্তাপের ফলে ইহা নাইট্রাস অক্সাইড এবং জলে বিযোজিত হয়।

$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$

বিস্ফোরক অ্যামোনাল হইল অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট এবং অ্যালুমিনিয়ামের মিশ্রণ। অতি বিস্ফোরক অ্যামাটলও প্রকৃতপক্ষে ইহারই একটি মিশ্রণ। ইহাতে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট এবং ট্রাই-নাইট্রো টলুইন বর্তমান। ইহা ছাড়া, নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুতিতেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

অ্যামোনিয়াম কার্বনেট $(NH_4)_2CO_3$ ঃ অ্যামোনিয়াম সালফেট ও খড়িচূর্ণ মিশ্রিত করিয়া উর্ধ্বপাতিত করিলে অ্যামোনিয়াম কার্বনেট উৎক্ষেপ হিসাবে বিক্রিয়াপাত্রের শীতলতর অংশে সঞ্চিত হয়।

$$(NH_4)_2SO_4 + CaCO_3 = CaSO_4 + (NH_4)_2CO_3$$

ইহা হইতে অ্যামোনিয়ার তীব্র গন্ধ পাওয়া যায়। পরীক্ষাগারে বিকারক-রূপে, ঔষধরূপে, গন্ধীলবণরূপে (smelling salt) এবং বেকিং পাউডার চূর্ণে ইহার ব্যবহার দেখা যায়।

Questions

1. How is dry ammonia prepared in the laboratory ? [H. S. '60]
Why can we not dry ammonia with concentrated sulphuric acid or with phosphorus pentoxide or calcium chloride ? [I. Sc. '46]

[শুষ্ক অ্যামোনিয়া কি প্রকারে রসায়নাগারে প্রস্তুত করা হয় ? গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড অথবা ফস্‌ফরাস্ পেণ্টক্সাইড অথবা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা অ্যামোনিয়া শুষ্ক করা যায় না কেন ?]

2. Describe a method for the production of ammonia on a large scale. [I. Sc. '32, '33, '48]

[অধিক পরিমাণে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করিবার একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।]

3. State the physical and chemical properties of ammonia. [I. Sc. '56]
What are its uses ? [H. S. of .'60]

[অ্যামোনিয়ার ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বিবৃত কর। ইহার ব্যবহার কি কি ?]

4. How would you prepare pure and dry ammonia ? Describe one experiment each to demonstrate its solubility in water, lightness, burning in oxygen and basic character. [I. Sc. '20, '35, '46]

[কি করিয়া বিশুদ্ধ এবং শুষ্ক অ্যামোনিয়া তৈয়ারী করিবে ? অ্যামোনিয়ার জলে দ্রবণীয়তা, লঘুতা, অক্সিজেনে দহন এবং ক্ষারকত্ব দেখাইবার জন্য এক একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।]

5. How can you get a specimen of pure and dry ammonia gas? How and under what condition does it react with the following :—

[কি প্রকারে বিশুদ্ধ এবং শুষ্ক অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করিবে? কি প্রকারে এবং কি অবস্থায় অ্যামোনিয়া নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সহিত বিক্রিয়া ঘটায় :—]

(i) Copper oxide, (ii) Chlorine, (iii) Carbon dioxide and (iv) ferric chloride? [Punjab '51]

6. What are ammonium salts? How are they obtained? State the general properties of ammonium salts.

[অ্যামোনিয়াম লবণ কাহাদের বলে? কিভাবে ইহাদের প্রস্তুত করা হয়? ইহাদের সাধারণ ধর্মগুলি বিবৃত কর।]

7. Describe with a neat sketch the principle of using ammonia as a refrigerant in ice-making.

[বরফ প্রস্তুতিকালে অ্যামোনিয়াকে প্রশীতক হিসাবে ব্যবহার করিবার নীতি একটি নকশা আঁকিয়া বর্ণনা কর।]

ত্রয়োদশ অধ্যায়

নাইট্রিক অ্যাসিড (Nitric acid)

সঙ্কেত—HNO_3 15° উষ্ণতায় ঘনত্ব=1·52

13-1. ইতিবৃত্ত : অতি প্রাচীনকাল হইতেই নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হইয়া আসিতেছে। অ্যালকেমিবিদ্‌রাও ইহার ব্যবহার জানিতেন। তাহারা ইহাকে 'অ্যাকোয়া ফর্টিস' বা 'শক্তিশালী জল' হিসাবে গণ্য করিতেন। নাইটার, ব্লু ভিট্রিয়ল এবং ফট্‌কিরির মিশ্রণ পাতিত করিয়া অ্যালকেমিবিদ্ জেবার (Geber) ইহা প্রস্তুত করিয়াছিলেন। সম্ভবতঃ গ্রীন ভিট্রিয়ল সহযোগে সল্টপিটার (salt petre) পাতিত করিয়াই ইহা সর্বপ্রথম প্রস্তুত করা হইয়াছিল। সপ্তদশ শতাব্দীর মাঝামাঝি সময়ে নাইটারের উপর সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ইহা প্রস্তুত করিয়াছিলেন গ্লবার (Glauber) এবং অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষভাগে ইহার সংযুতি নির্ধারণ করেন বিশ্ব-বিশ্রুত বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার।

13-2. অবস্থান : বায়ুমণ্ডলে অতি-অল্প পরিমাণ নাইট্রিক অ্যাসিড মুক্ত অবস্থায় আছে। আকাশে বিদ্যুৎ চমকাইলে বায়ুর অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের রাসায়নিক সংযোগে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড গঠন করে এবং জলীয় বাষ্পের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। ভারতবর্ষের ন্যায় গ্রীষ্মপ্রধান দেশের মৃত্তিকায় ইহার লবণ পটাসিয়াম নাইট্রেট (যাহা নাইটার নামে পরিচিত) বর্তমান। দক্ষিণ আমেরিকার অন্তর্গত চিলিতে ইহার অপর একটি লবণ সোডিয়াম নাইট্রেট (চিলি সল্ট পিটার) অপর্যাপ্ত পরিমাণে পাওয়া যায়।

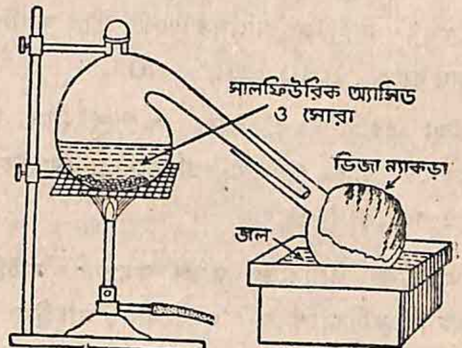
13-3. প্রস্তুতি : রসায়নাগার পদ্ধতি

নীতি : নাইট্রেটের উপর সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াটি দুইটি স্তরে সম্পন্ন হয়। যথা—কম উষ্ণতায়, (a) $KNO_3+H_2SO_4=KHSO_4+HNO_3$। কিন্তু পটাসিয়াম নাইট্রেট উদ্বৃত্ত থাকিলে এবং অপেক্ষাকৃত বেশী উষ্ণতায়, (b) $KNO_3+KHSO_4=K_2SO_4+HNO_3$। অতএব, বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ করিবার জন্য উচ্চ উষ্ণতার প্রয়োজন হয়। কিন্তু নিম্নলিখিত কারণগুলির জন্য কম উষ্ণতাতেই ন্যাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

উচ্চ উষ্ণতায়, (i) নাইট্রিক অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া যায় এবং এই বিযোজনে উৎপন্ন নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডে মিশ্রিত হইয়া যায়। (ii) পটাসিয়াম সালফেট কঠিন আকারে বকযন্ত্রে জমিয়া পড়ে

এবং তখন উহা বাহির করা কষ্টকর। (iii) অ্যাসিড-বাষ্প যন্ত্রের উপাদানের সহিত ক্রিয়া করিয়া উহার ক্ষয় সাধন করে। আবার বেশী উষ্ণতায় কাচ-পাত্র ফাটিয়া যাইতে পারে।

পদ্ধতি ঃ একটি কাচের ছিপিযুক্ত বকযন্ত্রে সমান ওজনের গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও পটাসিয়াম নাইট্রেটের মিশ্রণ লও। বকযন্ত্রটি ধারকের সাহায্যে তারজালির উপর বসাও এবং উহার সরুমুখ একটি কাচের ফ্লাস্কের ভিতর ঢুকাও। এই ফ্লাস্কটি জলের উপর বসাইয়া শীতল জলের প্রবাহ দ্বারা ঠাণ্ডা কর অথবা, ভিজা ব্লটিং কাগজ বা ন্যাকড়া দ্বারা ফ্লাস্কটি শীতল কর। এখন বুনসেন দীপে বকযন্ত্রটি 200°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত কর। পূর্ব পৃষ্ঠায় বর্ণিত সমীকরণ (a) অনুসারে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং উহা বাষ্পাকারে শীতল ফ্লাস্কে আসিয়া তরলে পরিণত হয়। এই নাইট্রিক অ্যাসিড বিশুদ্ধ নহে। ইহার ভিতর N_2O_4 থাকে বলিয়া উহাকে বাদামী দেখায়।



নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

বিশুদ্ধিকরণ ঃ উপরি-উক্ত পদ্ধতিতে উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডে কিছু জল ও নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড বর্তমান থাকে। দ্রবীভূত এই অক্সাইডের জন্য অ্যাসিডকে রঙিন (বাদামী) দেখায়। ইহাকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত মিশ্রিত করিয়া কম চাপে পাতিত করিলে 98% নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই পুনঃপাতিত অ্যাসিডের ভিতর দিয়া 60°—70°C উষ্ণতায় বুদ্বুদের আকারে বাতাস প্রবাহিত করাইলে নাইট্রোজেনের অক্সাইড দূরীভূত হয় এবং অ্যাসিড বর্ণহীন হয়। এই অ্যাসিডকে −42°C-এ শীতল করিয়া সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিডের বর্ণহীন কঠিন কেলাস প্রস্তুত করা যায়।

13-4. ধর্ম (Properties) ঃ

ভৌত ধর্ম ঃ বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড বর্ণহীন তরল। ইহা স্বতঃই ধূমায়িত হইতে থাকে। ইহা জলাকর্ষী। ইহার একটি তীব্র শ্বাসরোধী গন্ধ আছে ;

জলে দ্রাব্য এবং সাধারণ উষ্ণতাতেই স্বল্প পরিমাণে বিযোজিত হইয়া যায়। ইহার ঘনত্ব 1·52 এবং স্ফুটনাঙ্ক 78°C।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন-অক্সাইড দ্রবীভূত থাকিলে দ্রবণকে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড (fuming nitric acid) বলা হয়। নাইট্রিক অ্যাসিড একটি তীব্র অ্যাসিড। ইহা দ্রবণে আয়নিত অবস্থায় থাকে ; $HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO^-_3$

ইহা একটি অম্ল ঃ ইহার সংস্পর্শে নীল লিটমাস লাল হয়। ইহার হাইড্রোজেন ধাতুর দ্বারা প্রতিস্থাপনযোগ্য এবং ইহা ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়ায় জল ও লবণ উৎপন্ন করে।

নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ ক্ষমতা ঃ নাইট্রিক অ্যাসিড একটি তীব্র জারক। অধিকাংশ অ-ধাতব মৌল নাইট্রিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে জারিত হইয়া অক্সাইড বা অক্সি-অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং নাইট্রিক অ্যাসিড নিজে বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেনের অক্সাইডে পরিবর্তিত হয়। জ্বলন্ত অঙ্গার, করাতের গুঁড়া ইত্যাদি নাইট্রিক অ্যাসিডে ফেলিয়া দিলে উহারা জ্বলিয়া ওঠে। $C+4HNO_3=CO_2+4NO_2+2H_2O.$

অর্থাৎ কার্বন জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। এইভাবে নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় আয়োডিন হইতে আয়োডিক অ্যাসিড, সালফার হইতে সালফিউরিক অ্যাসিড, ফস্‌ফরাস হইতে ফস্‌ফরিক অ্যাসিড, সিলিকন হইতে সিলিকা প্রভৃতি পাওয়া যায়। গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ফেরাস লবণকে ফেরিক লবণে এবং সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে। ইহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে ক্লোরিন, পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন, হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে সালফার প্রভৃতি মুক্ত (liberate) করে।

তাপের প্রভাব ঃ উচ্চতাপে নাইট্রিক অ্যাসিড ভাঙ্গিয়া যায়। যদি উত্তপ্ত ঝামা-পাথরের উপর ফোঁটা ফোঁটা করিয়া গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ঢালা হয় তাহা হইলে উহা ভাঙ্গিয়া যায় ; ফলে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড, অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্প গঠিত হয়। $4HNO_3=2H_2O+2N_2O_4+O_2$

জৈব পদার্থের উপর ক্রিয়া ঃ অনেক জৈব পদার্থ নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হয়। ইহা চামড়ার উপর পড়িলে বেদনাদায়ক ক্ষত সৃষ্টি করে

এবং চামড়ার রং হলুদ হইয়া যায়। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের মিশ্রণ শীতল গ্লিসারিনের সঙ্গে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় নাইট্রোগ্লিসারিন উৎপন্ন করে। এই নাইট্রোগ্লিসারিন ডিনামাইট নামক বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ তুলার সঙ্গে বিক্রিয়ায় গাম-কটন (gum cotton) নামক বিস্ফোরক পদার্থ উৎপন্ন করে।

ধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া : সোনা, প্লাটিনাম প্রভৃতি কয়েকটি বর-ধাতু ছাড়া সব ধাতুর সহিত ইহা ক্রিয়া করে। ধাতুর সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সাধারণত ধাতব লবণ ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। কিন্তু নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্ষেত্রে এই নিয়ম সম্পূর্ণভাবে খাটে না। ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় দুই একটি ধাতু ছাড়া প্রায়ই নাইট্রোজেনের কোন অক্সাইড বা অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইয়া থাকে। ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কি কি পদার্থ উৎপন্ন হইবে তাহা নির্ভর করে ধাতুর প্রকৃতি, অ্যাসিডের উষ্ণতা এবং গাঢ়ত্বের উপর। নিম্নলিখিত কয়েকটি উদাহরণ দ্বারা উহা ভালভাবে বুঝা যায় :—

(i) লঘু ও ঠাণ্ডা নাইট্রিক অ্যাসিড ম্যাগনেসিয়ামের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। $Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2$

(ii) গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিড কপারের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে। $Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O.$]

কিন্তু ঠাণ্ডা ও লঘু অ্যাসিড কপারের উপর বিক্রিয়া করিলে নাইট্রাস অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $4Cu + 10HNO_3 = 4Cu(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O.$]

(iii) গাঢ় অ্যাসিড লৌহের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে। $Fe + 6HNO_3 = Fe(NO_3)_3 + 3NO_2 + 3H_2O.$ কিন্তু অতি গাঢ় অ্যাসিড, লৌহকে 'নিষ্ক্রিয়' (passive) করে অর্থাৎ লৌহের রাসায়নিক ধর্ম সাময়িকভাবে লোপ পায়।

নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ ক্ষমতাই এই বিক্রিয়াগুলির মূল কারণ।

আয়তন হিসাবে, 1 ভাগ গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড 3 ভাগ গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত মিশ্রিত করিলে, মিশ্রণকে বলা হয় **অম্লরাজ** বা **অ্যাকোয়া রিজিয়া**। কারণ, ইহা বর-ধাতু বা রাজকীয় ধাতু সোনা এবং প্লাটিনামকে দ্রবীভূত করিতে পারে।

13-5. নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার : (ii) রসায়নাগারে জারক দ্রব্য হিসাবে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। (ii) নাইট্রোগ্লিসারিন ; পিকরিক অ্যাসিড ; টি. এন্. টি. প্রভৃতি বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রয়োজন। (iii) কৃত্রিম সিল্ক, কৃত্রিম রঙ, সেলুলয়েড, প্লাষ্টিক প্রভৃতি শিল্পেও নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। (iv) কোন কোন বৈদ্যুতিক সেলে এবং ব্যাটারিতেও নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়।

13-6. ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড (fuming nitric acid) ও **অম্লরাজ** (aqua regia) : গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড স্বল্প পরিমাণ স্টার্চের সহিত পাতিত করিলে হলুদ বর্ণের ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। স্টার্চের সহিত বিক্রিয়ায় কিছু পরিমাণ নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেনের অক্সাইডে পরিণত হয়। এই অক্সাইড অবশিষ্ট নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া যায়। ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ ক্ষমতা খুব প্রবল।

অ্যাকোয়া রিজিয়া বা অম্লরাজ বলিতে কি বুঝায় তাহা পূর্বেই বলা হইয়াছে। এখানে অম্লরাজের তীব্র জারণ ক্ষমতার কারণ নির্দেশ করা হইল : নাইট্রিক এবং হাইড্রোক্লোরিক—এই দুই অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় জায়মান (nascent) ক্লোরিন উৎপন্ন হয় এবং এই কারণেই অম্লরাজ একটি তীব্র জারক। $3HCl + HNO_3 = 2Cl + NOCl + 2H_2O$.

13-7. নাইট্রেটের উপর তাপের প্রভাব : সকল নাইট্রেটই তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে বিশ্লিষ্ট হইয়া থাকে। কিন্তু বিভিন্ন ধাতুর নাইট্রেট বিভিন্নভাবে বিশ্লিষ্ট হয়।

(i) ক্ষার ধাতুর নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে, উহা নাইট্রাইটে পরিণত হয় এবং অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। যথা, সোডিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে উহা সোডিয়াম নাইট্রাইটে পরিণত হয় ও অক্সিজেন নির্গত হয়। $2NaNO_3 = 2NaNO_2 + O_2$.

(ii) ভারী ধাতুর নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে উহা ধাতুর অক্সাইড, নাইট্রোজেনের অক্সাইড এবং অক্সিজেনে বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়। যথা, লেড নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে উহা লেড অক্সাইড, নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড এবং অক্সিজেনে পরিণত হয়। $2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$. কিন্তু মারকারি বা সিলভারের নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে ধাতু (মারকারি বা সিলভার) উৎপন্ন হয়।

(iii) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে উহা ভাঙ্গিয়া নাইট্রাস অক্সাইড এবং জল উৎপন্ন হয়। $NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$.

13-8. নাইট্রেটের ব্যবহার : কোন কোন নাইট্রেট জারক দ্রব্য হিসাবে রসায়নাগারে ব্যবহৃত হয়। সাধারণত সোডিয়াম এবং পটাসিয়াম নাইট্রেট রসায়নাগারে জারকদ্রব্যরূপে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ইহা ব্যতীত সিলভার নাইট্রেট ফটোগ্রাফিতে, অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট জমির সাররূপে এবং লেড নাইট্রেট রঞ্জন শিল্পে ব্যবহার করা হয়।

Questions

1. Describe the preparation of pure nitric acid giving a sketch of the apparatus necessary for the purpose. [I. Sc. '10, '35, '49]

[প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতির ছবি আঁকিয়া বিশুদ্ধ নাইট্রিক্ অ্যাসিডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর।]

9. Outline the principal properties of nitric acid? What are its uses? [I. Sc. '35, '49]

[নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রধান প্রধান ধর্মগুলি বিবৃত কর। ইহার ব্যবহার কি কি ?]

8. How is fuming nitric acid prepared? What is aqua regia? How can you account for its strong oxidising property?

[কি প্রকারে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়? অম্লরাজ বলিতে কি বুঝ? ইহার তীব্র জারক ধর্ম কি প্রকারে ব্যাখ্যা করা যায়?]

4. State the effects of heat on different nitrates. Write what you know about the uses of nitrates.

[বিভিন্ন নাইট্রেটের উপর তাপের প্রভাব বর্ণনা কর। নাইট্রেটের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।]

চতুর্দশ অধ্যায়

রাসায়নিক সংযোগ-বিধিসমূহ

(Laws of chemical combination)

বিজ্ঞানীরা নানাবিধ পরীক্ষার সাহায্যে সিদ্ধান্ত করেন যে মৌলিক পদার্থসমূহ যে-কোন ওজনের অনুপাতে পরস্পরে যুক্ত হইতে পারে না। এইরূপ সংযোগের সময় উহারা কতকগুলি নিয়ম মানিয়া চলে। এই নিয়ম-গুলিকে **রাসায়নিক সংযোগ-বিধি** (laws of chemical combination) বলা হয়। অতএব, পরিমাণ-বিষয়ে রাসায়নিক-সংযোগসমূহ কতকগুলি সুনির্দিষ্ট নিয়মের বশবর্তী থাকে এবং কখনও এই নিয়মগুলির কোনরূপ ব্যতিক্রম ঘটে না। পাঠ্যক্রমের নির্দেশ অনুসারে নিম্নে এইরূপ তিনটি বিধির আলোচনা করা হইল।

14-1. ভরের নিত্যতাবাদ (Conservation of mass): **1774** খ্রীষ্টাব্দে ফরাসী রসায়ন-বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার বিভিন্ন পরীক্ষার সাহায্যে সর্বপ্রথম ভরের নিত্যতাবাদ (বা জড়ের অবিনশ্বরতা) প্রমাণ করেন। এই সূত্রের মূল বক্তব্য এই যে, কোন অবস্থাগত বা রাসায়নিক পরিবর্তনে জড়ের রূপান্তর হয় কিন্তু ইহার ফলে জড়ের সৃষ্টি বা ধ্বংস হয় না। যে কোন প্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পদার্থগুলির মোট ভরের কোন হ্রাস-বৃদ্ধি হয় না। রসায়ন শাস্ত্রের ভিত্তি বলিতে গেলে এই সূত্রের উপর স্থাপিত। যদি একটি পদার্থ A অন্য একটি পদার্থ B-র সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পদার্থ C ও D উৎপন্ন করে, অর্থাৎ যদি $A+B=C+D$ হয়, তাহা হইলে A এবং B-র মোট ভর C এবং D-র মোট ভরের সমান হইবেই।

লৌহ আর্দ্র বায়ুতে রাখিয়া দিলে উহা অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া মরিচায় পরিণত হয় এবং সেইজন্যই ইহার ওজন বাড়ে। কাঠ কয়লা পোড়াইলে উহা কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয় এবং এই গ্যাস উড়িয়া যায়; অল্প একটু ভস্ম পড়িয়া থাকে। এইরূপে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জড়ের রূপ বদলায় এবং মনে হয় যেন বস্তুর ভর বৃদ্ধি বা হ্রাস পাইয়াছে ও নূতন জড় সৃষ্টি হইয়াছে। যদি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পদার্থসমূহের ওজন এবং এই বিক্রিয়াজাত পদার্থসমূহের ওজন লওয়া সম্ভব হয়; তাহা হইলে দেখা

যায় যে, বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পদার্থসমূহের মোট ওজন = বিক্রিয়াজাত পদার্থসমূহের মোট ওজন। ইহা হইতে বুঝা যায় যে, কোন বস্তু বিনষ্টও হয় না বা কোন নূতন বস্তু উৎপন্নও হয় না।

নিম্নলিখিত দৃষ্টান্তগুলি হইতে ইহাই প্রতীয়মান হয় যে স্থূলজ্ঞানে যাহাকে বস্তুর লয় বা সৃষ্টি বলিয়া মনে হয়, প্রকৃতপক্ষে উহা পদার্থের রূপান্তর মাত্র।

দৃষ্টান্ত : (i) খানিকটা নির্দিষ্ট পরিমাণ মারকিউরিক অক্সাইডকে উত্তপ্ত করিলে উহা মারকারি এবং অক্সিজেনে বিযোজিত হইয়া যায়। উৎপাদিত ধাতব মারকারি এবং অক্সিজেনের মোট ওজন ঐ নির্দিষ্ট মারকিউরিক অক্সাইডের ওজনের সমান। অর্থাৎ, মারকিউরিক অক্সাইড = মারকারি + অক্সিজেন, এবং মারকিউরিক অক্সাইডের ওজন = মারকারির ওজন + অক্সিজেনের ওজন।

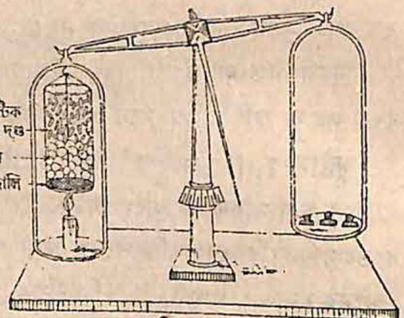
(ii) যদি A গ্রাম আয়রন B গ্রাম অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক সংযোগে C গ্রাম আয়রন অক্সাইড উৎপন্ন করে, তাহা হইলে $A + B = C$ হইবেই।

নিম্নবর্ণিত পরীক্ষাগুলি উপরি-উক্ত সূত্রের সত্যতা প্রমাণ করে।

(a) **মোমবাতি দহনের পরীক্ষা** (Candle experiments): মোমবাতি যখন বায়ুতে জ্বলিতে থাকে তখন উহার উপাদান-মৌলগুলি অর্থাৎ কার্বন এবং হাইড্রোজেন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া যথাক্রমে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস এবং জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং জলীয় বাষ্প বায়ুর সহিত মিশিয়া যায়। এই কারণেই আপাতদৃষ্টিতে মনে হয় যেন মোমবাতি বিনাশপ্রাপ্ত হইয়া ওজনে হ্রাস পাইতেছে। কিন্তু উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থ দুইটির সঠিক ওজন লইলে দেখা যায় যে উহা যতটুকু মোম জ্বলিয়াছে এবং ইহার জন্য যে অক্সিজেনের প্রয়োজন তাহাদের মোট ওজনের সমান। অতএব, এই রাসায়নিক পরিবর্তনে পদার্থের মোট ভরের কোন পরিবর্তন ঘটে নাই।

এই পরীক্ষা চালাইবার জন্য শক্ত কাচ-নির্মিত উপযোগী দৈর্ঘ্যের একটি মোটা নল লওয়া হয়। নলটির নিম্নমুখ হইতে খানিকটা উপরে একটি তারজালি আঁটিয়া দেওয়া হয় এবং তারজালির উপর কয়েক টুকরা চুন এবং উহার উপরে কষ্টিক সোডার কতকগুলি দণ্ড রাখিয়া দেওয়া হয়। একটি সচ্ছিদ্র কর্কের সহিত একটি মোমবাতি সুবিধাজনকভাবে লাগাইয়া কর্কটিকে কাচনলের নিম্নমুখে (এই মুখটি চিত্রে দেখান হয় নাই) আঁটিয়া দেওয়া হয়। অতঃপর সমগ্র ব্যবস্থাটিকে একটি তুলাদণ্ডের (balance) সাহায্যে ওজন করা হয়। এইবার

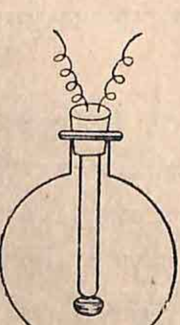
মোমবাতি জ্বালাইয়া দেওয়া হয়। কর্কের ছিদ্রের ভিতর দিয়া বায়ু কাচনলের ভিতরে প্রবেশ করে এবং মোমবাতি জ্বলিতে থাকে। কয়েক মিনিটের ভিতরেই দেখা যায় যে যে-পাল্লায় সমগ্র ব্যবস্থাটি ঝুলাইয়া রাখা হইয়াছে সে পাল্লা নীচে নামিয়া গিয়াছে অর্থাৎ মোমবাতির দহনে ওজন হ্রাসপ্রাপ্ত না হইয়া বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়াছে। কেন এরূপ হইল? মোমের উপাদান মৌল কার্বন এবং



মোমবাতি দহনের পরীক্ষাযন্ত্রে

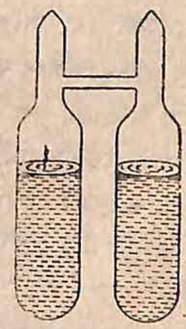
হাইড্রোজেন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া যথাক্রমে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে এবং ইহা কষ্টিক সোডা ও চুন দ্বারা শোষিত হয়। অতএব, মোমবাতির দহনে যে-সমস্ত পদার্থ উৎপন্ন হয় উহাদের যদি উড়িয়া যাইতে না দিয়া চুন এবং কষ্টিক সোডায় শোষণ করা হয় তাহা হইলে দহনে ওজন হ্রাসপ্রাপ্ত না হইয়া বৃদ্ধিপ্রাপ্তই হইয়া থাকে। সুতরাং, তুইটি ওজনের পার্থক্য হইল যতটা অক্সিজেন মোমের সহিত বিক্রিয়া করিয়াছে তাহার ওজন। রাসায়নিক পরিবর্তনে মোট ওজনের যে কোন তারতম্য ঘটে না (constancy of total weight) তাহা দেখাইতে হইলে পরিবর্তনটি অর্থাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়াটি আবদ্ধ পাত্রে সংঘটিত করিতে হইবে। যেহেতু মোমকে সহজে কোন আবদ্ধ পাত্রে জ্বালান যায় না, অন্য উপযোগী পদার্থ (যেমন, ফস্‌ফরাস্) লইয়া উপযুক্ত ব্যবস্থার মাধ্যমে এই তথ্যের সত্যতা প্রমাণ করা যায়। নিম্নে এইরূপ তুইটি পরীক্ষা বর্ণনা করা হইয়াছে।

(b) **চারকোল পরীক্ষা** (Charcoal experiment): এক টুকরা কাঠ-কয়লাকে আবদ্ধ বায়ুতে পোড়ান হয় যাহাতে কোন পদার্থই আবদ্ধ পাত্রের বাহিরে না যাইতে পারে। একটি গোল তলাবিশিষ্ট পুরু কাচের কূপীর (flask) মুখটি একটি রবারের ছিপির দ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। রবারের ছিপির ছিদ্রের মধ্য দিয়া তুইটি তার প্রবেশ করান হয়। একটি তারের প্রান্তে ছোট একটি তামার বাটি থাকে। অপর তারটিকে এমনভাবে প্রবেশ করান হয় যে উহার প্রান্ত বাটিটির কাছাকাছি পৌঁছে কিন্তু উহাকে স্পর্শ করে না।


কাঠ-কয়লা দহনের
পরীক্ষা-যন্ত্র

এইবার এক টুকরা কাঠ কয়লা প্লাটিনাম তারে জড়াইয়া বাটিতে রাখা হয় এবং প্লাটিনাম তারের এক প্রান্ত যে তারটি বাটি স্পর্শ করে নাই সেই তারের প্রান্তের সহিত জুড়িয়া দেওয়া হয়। এইবারে কূপীটি (flask) অক্সিজেন দ্বারা পূর্ণ করিয়া রবারের ছিপিটি শক্ত করিয়া আঁটিয়া দেওয়া হয় এবং কূপীটির ওজন লওয়া হয়। তামার তারের বাহিরের দুইটি প্রান্ত একটি ব্যাটারীর দুই মেরুর (poles) সহিত যুক্ত করিবার সঙ্গে সঙ্গেই তারের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হয় ও কাঠ-কয়লায় আগুন ধরিয়া যায় এবং ইহার ফলে কাঠ-কয়লা কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। দহন ক্রিয়াটি শেষ হইয়া গেলে তড়িৎ-সংযোগ বিচ্ছিন্ন করিয়া কূপীটিকে ঠাণ্ডা করা হয় এবং পুনরায় ওজন করা হয়। দেখা যায় যে পূর্বের ওজন এবং পরের ওজনের কোন পার্থক্য হয় নাই। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে রাসায়নিক পরিবর্তনে কোন বস্তুর সৃষ্টি বা ধ্বংস হয় না—উহা কেবল রূপান্তরিত হয়।

(c) **ল্যানডোল্টের পরীক্ষা** (Landolt's experiment): জড়ের অবিনশ্বরতা ল্যানডোল্টের যুগান্তকারী পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ করা যায়। 1900 খ্রীষ্টাব্দে তিনি সর্বপ্রথম এই সত্যটি সুদৃঢ়ভাবে প্রমাণ করেন।



ল্যানডোল্টের পরীক্ষা-যন্ত্র

পার্শ্বের চিত্রের ন্যায় একটি H টিউবের দুইটি বাহুতে দুইটি বিভিন্ন বিকারক, যথা—পটাসিয়াম আয়োডাইড এবং মারকিউরিক ক্লোরাইড লওয়া হইল এবং বাহু দুইটির মুখ কাচ গলাইয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া হইল।

এক্ষণে মুখ বন্ধ করিয়া দিবার পর সমস্ত কাচ টিউবটি ওজন করা হইল। পরে টিউবটিকে হেলাইয়া বিকারক দুইটিকে ভালভাবে মিশ্রিত করা হইল। পটাসিয়াম আয়োডাইড এবং মারকিউরিক ক্লোরাইড নিম্নোক্তরূপে ক্রিয়া করে—

$$HgCl_2 + 2KI = HgI_2 + 2KCl$$

(বর্ণহীন) (বর্ণহীন) (লাল) (বর্ণহীন)

হরিদ্রাভ লাল বর্ণের মারকিউরিক আয়োডাইড প্রথম অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং উহা হইতে বিক্রিয়া যে ঘটিয়াছে তাহা বোঝা যায়। [এই অধঃক্ষেপ অবশ্য অতিরিক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইডে দ্রবীভূত হইয়া যায়।] টিউবটি ঠাণ্ডা করিয়া পুনরায়

ওজন করা হইল। দেখা গেল যে ওজন পূর্ববৎ রহিয়াছে। ইহাতে সত্যটি পরীক্ষিত হইল।

এইভাবে দুইটি করিয়া পদার্থ (যাহাদের ভিতর রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে) লইয়া ল্যানডোল্ট এই সূত্রটির সত্যতা প্রমাণ করেন।

14-2. স্থিরানুপাত সূত্র (Law of constant proportion): যে কোন যৌগিক পদার্থ সর্বদাই কতকগুলি নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থসমূহ দ্বারা গঠিত এবং ইহাতে (যৌগিক পদার্থে) মৌলিক উপাদানগুলির ওজনের অনুপাত সর্বদাই একই থাকে। অর্থাৎ কোন বিশুদ্ধ যৌগিক পদার্থ যে-কোন স্থান হইতেই সংগ্রহ করা হউক না কেন বা যে-কোন উপায়েই প্রস্তুত করা হউক না কেন উহার মৌলিক উপাদানগুলি এবং এই মৌলিক উপাদানের ওজনের অনুপাত সর্বদাই নির্দিষ্ট।

বিভিন্ন উপায়ে জল প্রস্তুত করা যায় এবং নানাস্থান, যথা—পুকুর, নদী, সমুদ্র, প্রভৃতি হইতেও জল সংগ্রহ করা যায় কিন্তু যে কোন জল লইয়া উহার ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত করিলে অর্থাৎ জলকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে সর্বদাই হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন উৎপন্ন হইবে। আবার যেখানে যে অবস্থাতেই জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হউক না কেন সেখানেই দেখা যায় যে ওজন হিসাবে 8 ভাগ অক্সিজেন এবং 1 ভাগ হাইড্রোজেন পরস্পরে যুক্ত হইয়া 9 ভাগ জল সৃষ্টি করিয়াছে। অর্থাৎ, জল সব সময়ই দুইটি নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের রাসায়নিক সংযোগে গঠিত এবং ইহাতে (জলে) হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন 1 : 8 এই ওজনের অনুপাতে বর্তমান। অন্যান্য যৌগিক পদার্থ বিশ্লেষণ করিলেও এই একই সিদ্ধান্তে উপনীত হইতে হয়। অর্থাৎ যৌগিক পদার্থ মাত্রই কতকগুলি নির্দিষ্ট মৌলিক উপাদান দ্বারা গঠিত এবং কোন নির্দিষ্ট যৌগে উপাদানের ওজনের অনুপাত অপরিবর্তনীয় বা নির্দিষ্ট। এই সূত্রটি স্থিরানুপাত সূত্র নামে খ্যাত।

এই সূত্রটির সত্যতা নির্ধারণ করিবার জন্য বহুরকম পরীক্ষা সম্পন্ন করা হইয়াছে। স্ট্যাস (Stas) বিভিন্ন উপায়ে সিলভার ক্লোরাইড প্রস্তুত করেন এবং উহাকে বিশ্লেষণ করিয়া দেখান যে সিলভার ক্লোরাইড যে ভাবেই উৎপন্ন হউক না কেন উহা সর্বদাই সিলভার এবং ক্লোরিন এই দুইটি মৌলের যৌগ এবং উহাতে সিলভার এবং ক্লোরিনের ওজনের অনুপাত সর্বদাই এক বা নির্দিষ্ট থাকে।

14-3. গুণানুপাত সূত্র (Law of multiple proportion) : যখন একটি মৌলিক পদার্থ অন্য একটি মৌলিক পদার্থের সহিত রাসায়নিক সংযোগে একাধিক যৌগিক পদার্থ গঠন করে তখন এই যৌগিক পদার্থগুলিতে একটি মৌলিক পদার্থের স্থির বা নির্দিষ্ট ওজনের সহিত অপর মৌলিক পদার্থের যে ভিন্ন ভিন্ন ওজন যুক্ত হয় সেই বিভিন্ন ওজনগুলির মধ্যে সর্বদাই একটি সরল অনুপাত থাকিবে।

মনে কর, A ও B মৌলিক পদার্থ দুইটি নিজেদের ভিতর রাসায়নিক সংযোগ ঘটাইয়া C ও D দুইটি যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে। স্থিরানুপাত সূত্র হইতে আমরা জানিতে পারি যে, C যৌগিক পদার্থে A ও B একটি নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে বর্তমান। সেইরকম D যৌগিক পদার্থেও A ও B একটি নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে বর্তমান। অতএব C ও D দুইটি যৌগিক পদার্থে নির্দিষ্ট পরিমাণ A-র সঙ্গে বিভিন্ন পরিমাণ B যুক্ত হইয়াছে। B-র এই বিভিন্ন ওজনগুলির মধ্যে একটি সরল অনুপাত সর্বদাই পরিদৃষ্ট হইবে। সরল অনুপাত বলিতে ছোট ছোট পূর্ণ সংখ্যার (10 অপেক্ষা কম) অনুপাতই বুঝায়। যথা:—1 : 1, 1 : 2, 2 : 3, 3 : 4 ইত্যাদি।

দৃষ্টান্ত : (i) 2 ভাগ হাইড্রোজেনের সঙ্গে 16 ভাগ অক্সিজেন যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন হয়। আবার 2 ভাগ হাইড্রোজেন 32 ভাগ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে। অতএব হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে উৎপন্ন যৌগিক পদার্থ দুইটিতে (জল ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড) হাইড্রোজেনের নির্দিষ্ট ওজনের (2 ভাগ) সহিত যে বিভিন্ন পরিমাণ অক্সিজেন যুক্ত থাকে তাহার অনুপাত 16 : 32 বা 1 : 2 ; যাহা একটি সরল অনুপাত।

(ii) কার্বন ও অক্সিজেন এই দুইটি মৌলিক উপাদানের সমন্বয়ে দুইটি যৌগিক পদার্থ, যথা—কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠিত। কার্বন মনোক্সাইডে 12 ভাগ কার্বন 16 ভাগ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত থাকে। কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইডে 12 ভাগ কার্বন 32 ভাগ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত থাকে। সুতরাং নির্দিষ্ট পরিমাণ (12 ভাগ) কার্বনের সঙ্গে যে বিভিন্ন পরিমাণ অক্সিজেন যুক্ত থাকে তাহার অনুপাত 16 : 32 বা 1 : 2, যাহা একটি সরল অনুপাত।

14-4. ডালটনের পরমাণুবাদ (Dalton's atomic theory) : যদিও অতি প্রাচীন কালেই হিন্দু এবং গ্রীক দার্শনিকগণ কল্পনা করিয়াছিলেন যে পরমাণু নামক ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অবিভাজ্য কণা দ্বারা সকল বস্তু গঠিত। কিন্তু তাহাদের এই কল্পনার মূলে কোন বৈজ্ঞানিক ভিত্তি ছিল না। বৃটিশ

বিজ্ঞানী জন ডালটনই সর্বপ্রথম এই মতবাদকে বৈজ্ঞানিক ভিত্তির উপর প্রতিষ্ঠিত করেন এবং তাহার নামানুসারে ইহা ডালটনের পরমাণুবাদ নামে খ্যাত হইয়াছে। ইহার স্বীকার্যগুলি হইল :

(i) মৌলিক পদার্থগুলি অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র নিরেট কণার সমন্বয়ে গঠিত। এই ক্ষুদ্র কণাগুলি অবিভাজ্য এবং ইহাদিগকে পরমাণু বলা হয়।

(ii) প্রত্যেক প্রকারের পরমাণুর একটি নির্দিষ্ট ওজন আছে ; কিন্তু বিভিন্ন মৌলের পরমাণু বিভিন্ন ওজনবিশিষ্ট হয়।

(iii) একই মৌলের সকল পরমাণু ওজনে, ধর্মে—সর্বতোভাবে এক।

কিন্তু বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণু বিভিন্ন অর্থাৎ বিভিন্ন মৌলের পরমাণু বিভিন্ন ওজন ও ধর্মবিশিষ্ট হইয়া থাকে।

(iv) দুই বা ততোধিক বিভিন্ন পরমাণু সুনির্দিষ্টভাবে পাশাপাশি বসিয়া সরল আঙ্কিক অনুপাতে যুক্ত হইয়া (1 : 1, 1 : 2, 2 : 3 ইত্যাদি) যৌগ গঠন করে।

পঞ্চদশ অধ্যায়

গ্যাসের সূত্র (Gas laws)

15-1. বয়েল সূত্র ও চার্লস্‌ সূত্র (Boyle's and Charles' law) :

1662 খ্রীষ্টাব্দে গ্যাসের আয়তনের সহিত চাপের সম্পর্ক আবিষ্কার করেন বিজ্ঞানী রবার্ট বয়েল। তিনি সর্বপ্রথম লক্ষ্য করেন যে, **উষ্ণতা স্থির থাকিলে কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন উহার চাপের বিপরীত অনুপাতে (বা, ব্যস্ত অনুপাতে) পরিবর্তিত হয়।** ইহা আবিষ্কারকের নামানুসারে বয়েল সূত্র নামে খ্যাত। ইহার অর্থ হইল যে নির্দিষ্ট উষ্ণতায়, চাপের হ্রাস-বৃদ্ধির অনুপাতে কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তনের যথাক্রমে বৃদ্ধি ও হ্রাস হইবে। বীজগণিতের সাহায্যে সূত্রটি অতি সহজেই প্রকাশ করা যায়। মনে কর, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন V এবং চাপ P। অতএব বয়েলের সূত্র অনুসারে,

$$V \propto \frac{1}{P} \text{ (উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকিলে)}$$

$$\text{বা, } V = K\frac{1}{P} \text{ (K একটি নিত্যসংখ্যা বা constant)}$$

$$\text{বা, } PV = K, \quad \therefore \quad PV = P_1V_1 = P_2V_2 = \cdots\cdots = K.$$

[যেখানে, $P_1P_2\cdots\cdots$ইত্যাদি পরিবর্তিত চাপ এবং $V_1V_2\cdots$ইত্যাদি সেই সময়ের পরিবর্তিত আয়তন।]

অর্থাৎ প্রতিটি পরিবর্তিত অবস্থায় চাপ ও আয়তনের গুণফল অপরিবর্তিত থাকে। অতএব উষ্ণতা স্থির থাকিলে চাপ এবং আয়তনের গুণফল নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের জন্য নির্দিষ্ট।

উষ্ণতার সহিত আয়তনের সম্পর্ক (অর্থাৎ তাপমাত্রা বা উষ্ণতার পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে গ্যাসীয় পদার্থের আয়তনের কি পরিমাণ পরিবর্তন হয়) স্থির করিবার জন্য বিজ্ঞানী চার্লস বিভিন্ন পরীক্ষা চালান এবং পরীক্ষার ফলে দুইটি প্রধান সিদ্ধান্তে তিনি উপনীত হন :

(i) নির্দিষ্ট চাপে এবং 0°C উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তনও নির্দিষ্ট। কিন্তু চাপ অপরিবর্তিত থাকিলে প্রতি ডিগ্রী (সেন্টিগ্রেডে) উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন উহার 0°C উষ্ণতায় যে

আয়তন থাকে সেই আয়তনের $\frac{1}{273}$ অংশ বৃদ্ধি পাইবে। এই $\frac{1}{273}$ ভাগটিকে বলা হয় প্রসারাঙ্ক (co-efficient of expansion)।

(ii) যে কোন গ্যাস আয়তন প্রসারণে বা সঙ্কোচনে একই রকম আচরণ করিয়া থাকে ; অর্থাৎ সকল গ্যাসেরই প্রসারাঙ্ক সমান।

মনে কর, নির্দিষ্ট চাপ এবং 0°C উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ (ভরের) গ্যাসের আয়তন V_0 c. c.। এখন চাপ স্থির থাকিলে এবং উষ্ণতা 1°C বাড়াইলে ঐ গ্যাসের আয়তন হইবে $\left(V_0+\frac{V_0}{273}\right)$ c.c. $=V_0\left(1+\frac{1}{273}\right)$ c.c.

এবং উষ্ণতা t°C বাড়াইলে, ঐ গ্যাসের আয়তন হইবে

$$\left[V_0+\frac{V_0t}{273}\right] \text{c.c.}=V_0\left[1+\frac{t}{273}\right] \text{c.c.}$$

আবার উষ্ণতা 1°C কমাইলে, ঐ গ্যাসের আয়তন হইবে $\left[V_0-\frac{V_0}{273}\right]$ c.c.

$$=V_0\left[1-\frac{1}{273}\right] \text{c.c.}$$

∴ উষ্ণতা t°C কমাইলে, ঐ গ্যাসের আয়তন হইবে $\left[V_0-\frac{V_0t}{273}\right]$ c.c.

$$=V_0\left[1-\frac{t}{273}\right] \text{c.c.}$$

এই সমস্ত সিদ্ধান্ত বিশ্লেষণ করিয়া চার্লস্ একটি সূত্র প্রকাশ করেন যাহা চার্ল্স্ সূত্র নামে পরিচিত।

স্থির চাপে, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের উষ্ণতার প্রতি সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী পরিবর্তনে সেই গ্যাসের 0°C উষ্ণতায় যে আয়তন থাকে সেই আয়তনের $\frac{1}{273}$ অংশ প্রসারিত বা সঙ্কুচিত হয়।

15-2. পরম শূন্য এবং উষ্ণতার পরম মাত্রা (Absolute zero and Absolute scale of temperature)

মনে কর, 0°C উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন V_0 c.c.। এখন চাপ স্থির রাখিয়া যদি গ্যাসের উষ্ণতা 273°C কমান যায় তাহা হইলে চার্লস্ সূত্র অনুসারে, −273°C উষ্ণতা ঐ গ্যাসের আয়তন হইবে $V_0\,(1-\frac{273}{273})$ c.c. $=0$ c.c. অর্থাৎ গ্যাসের আয়তন লোপ পাইবে। যে উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন লোপ পায় তাহাকে "পরম শূন্য" (absolute zero)

বলা হয়। এই পরম শূন্য হইতে যদি তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী অনুসারে মাপা হয় তাহা হইলে যে স্কেল পাওয়া যায় তাহাকে উষ্ণতার "পরম মাত্রা" (absolute scale) বলে। পরম মাত্রা অনুসারে যে উষ্ণতা মাপা হয় তাহাকে "পরম উষ্ণতা" (absolute temperature) বলে। সুতরাং সেন্টিগ্রেড মাত্রার উষ্ণতা এবং পরম উষ্ণতার সম্বন্ধ হইবে—

পরম উষ্ণতা = সেন্টিগ্রেড মাত্রার উষ্ণতা + 273°

এই পরম উষ্ণতাকে আবিষ্কারক লর্ড কেল্‌ভিনের নামানুসারে $T^\circ K$ (বা, $T^\circ A$)-রূপে লেখা হইয়া থাকে।

মনে রাখিও $0^\circ C$ উষ্ণতা এবং 760 mm. মারকারির চাপকে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপ বলা হয় এবং এই অবস্থাকে সংক্ষেপে N. T. P. বা S. T. P.-রূপে লেখা হয়।

15-3. পরম উষ্ণতা অনুযায়ী চার্লস্ সূত্র

মনে কর, $0^\circ C$ উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন $= V_0$ c.c.। এখন (চাপ অপরিবর্তিত রাখিলে) $t_1{}^\circ C$ ও $t_2{}^\circ C$ উষ্ণতায় যদি ঐ গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে V_1 c.c. এবং V_2 c.c. হয়, তাহা হইলে।

$$V_1 = V_0\left[1+\frac{t_1}{273}\right] \text{ c.c. এবং } V_2 = V_0\left[1+\frac{t_2}{273}\right] \text{ c.c.}$$

$$\therefore \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_0\left[1+\frac{t_1}{273}\right]}{V_0\left[1+\frac{t_2}{273}\right]} = \frac{\frac{273+t_1}{273}}{\frac{273+t_2}{273}} = \frac{273+t_1}{273+t_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

যেহেতু, $273+t_1 = T_1$ (পরম উষ্ণতা) এবং $273+t_2 = T_2$ (পরম উষ্ণতা)।

অতএব $V \propto T$।

অর্থাৎ চার্লস্ সূত্র নিম্নলিখিত ভাবে প্রকাশ করা যায় : চাপ স্থির থাকিলে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন উহার পরম উষ্ণতার সম-অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।

15-4. বয়েল সূত্র এবং চার্লস্ সূত্রের মিলিত ফল

(i) যখন উষ্ণতা স্থির থাকে $V \propto \frac{1}{P}$ (বয়েল সূত্র), এবং

(ii) যখন চাপ স্থির থাকে $V \propto T$ (চার্লস্ সূত্র), এবং যখন V=আয়তন ; P=চাপ এবং T=পরম উষ্ণতা ।

সূত্র দুইটিকে একত্র করিলে অর্থাৎ যখন চাপ এবং উষ্ণতা উভয়েই পরিবর্তিত হয়—

$V \propto \frac{T}{P}$. বা, $V = R\frac{T}{P}$ যখন, R একটি নিত্যসংখ্যা (constant)

বা, $PV = RT$. ইহাকে গ্যাস সমীকরণ বলে। অতএব $\frac{PV}{T} = R$.

T_1, T_2, T_3 ইত্যাদি পরম উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ ও আয়তন যথাক্রমে যদি P_1, P_2, P_3 ইত্যাদি এবং V_1, V_2, V_3 ইত্যাদি হয়, তাহা হইলে একইভাবে

$\frac{PV}{T} = R = \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ ইত্যাদি।

চাপ, আয়তন এবং উষ্ণতা এই তিনটির যে-কোন দুইটি পরিবর্তিত হইলে অপরটির কি পরিবর্তন ঘটে এই সমীকরণ হইতে অতি সহজেই তাহা নির্ণয় করা যায়।

15-5. নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন গ্যাসের চাপ ও ঘনাঙ্কের সম্পর্ক

মনে কর, গ্যাসের ভর=M।

P_1 চাপে সেই গ্যাসের আয়তন এবং ঘনাঙ্ক যথাক্রমে V_1 এবং D_1 ;
এবং P_2 চাপে আয়তন ও ঘনাঙ্ক যথাক্রমে V_2 এবং D_2

$$\text{ঘনাঙ্ক } D_1 = \frac{M}{V_1} \text{ বা, } M = V_1 \times D_1$$

$$\text{সেইরূপে, } D_2 = \frac{M}{V_2} \text{ বা, } M = V_2 \times D_2$$

$$\therefore \quad V_1 \times D_1 = V_2 \times D_2 \quad \text{বা,} \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{D_2}{D_1}.$$

কিন্তু বয়েলের সূত্রানুসারে $\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1} \quad \therefore \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{D_2}{D_1}$.

অর্থাৎ $P \propto D$। অতএব ঘনাঙ্ক ও চাপ সমানুপাতিক হয়।

উদাহরণমালা

[**বিঃ দ্রঃ** গ্যাস সমীকরণ ব্যবহার করিবার সময় মনে রাখিও যে

(i) উষ্ণতা সর্বদা পরম মাত্রায় প্রকাশ করিতে হয়, এবং

(ii) পরিবর্তনের পূর্বে ও পরে গ্যাসের আয়তন যে কোন একটি এককে (যথা, c.c. লিটার) এবং চাপও সর্বদা একটিমাত্র এককে (যথা, অ্যাটমস্ফিয়ার cm., mm.) প্রকাশ করিতে হয়।]

1. A quantity of a gas occupies a volume of 200 c. c. under standard pressure. If the temperature remains constant and the pressure be increased by 1240 mm., calculate the volume of the gas at this increased pressure. [প্রমাণ চাপে কোন গ্যাসের আয়তন 200 c.c.। যদি উষ্ণতা অপরিবর্তিত রাখিয়া গ্যাসের চাপ 1240 mm. বৃদ্ধি করা যায়, তাহা হইলে এই বর্ধিত চাপে গ্যাসের আয়তন কত হইবে ?]

বয়েল সূত্র অনুসারে $P_1V_1=P_2V_2$

কিন্তু আমরা জানি $P_1=760$ mm. $\qquad V_1=200$ c.c.

$P_2=760+1240=2000$ mm. $\qquad V_2=?$

অতএব, $760\times200=2000\times V_2$

$$\therefore\ V_2=\frac{760\times200}{2000}=76 \text{ c.c.}$$

2. Under standard pressure a quantity of a gas containing some solid occupies a volume of 400 c.c. If the pressure be increased to 380 cm. the combined volume is found to be 180 c.c. Find the volume of the piece of solid, assuming the temperature to be constant [কোন গ্যাসে কিছু কঠিন পদার্থ আছে। প্রমাণ চাপে কঠিন-স্বদ্ধ গ্যাসের আয়তন 400 c.c.। চাপ 380 cm.-এ বর্ধিত করিলে কঠিন ও গ্যাসের যুক্ত আয়তন 180 c.c. হয়, কঠিনের আয়তন কত ?]

মনে কর, কঠিনের আয়তন$=V$ c.c. সুতরাং প্রথম অবস্থায় গ্যাসের আয়তন$=(400-V)$ c.c.

চাপে কঠিনের আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় না।

$\therefore$ বর্ধিত চাপে, কঠিনের আয়তন$=V$ c.c.

" কঠিন + গ্যাসের যুক্ত আয়তন$=180$ c.c.

অতএব বর্ধিত চাপে গ্যাসের আয়তন $=(180-V)$ c.c.

বয়েল সূত্র অনুসারে, $P_1V_1=P_2V_2$

কিন্তু আমরা জানি $P_1=760$ mm. এবং $P_2=380$ cm.

অতএব, $760(400-V)=3800(180-V)$

[যেহেতু 380 cm. = 3800 mm.]

অথবা, $3800\,V-760\,V=684000-304000$

অথবা, $3040\,V=380000 \quad \therefore \quad V=125$ c.c.

3. The density of a certain gas is found to be 20 at 0°C and 760 mm. pressure. What will be its density, if the pressure be doubled ? [0°C উষ্ণতায় এবং 760 mm. চাপে কোন গ্যাসের ঘনত্ব = 20, চাপ দ্বিগুণ করিলে, ঘনত্ব কত হইবে ?]

আমরা জানি, $\frac{D_2}{D_1}=\frac{P_2}{P_1}$

প্রশ্নানুসারে, $D_1=20 \quad P_1=760$ mm.

$D_2=? \quad P_2=2\times 760$ mm.

সুতরাং, $\frac{D_2}{20}=\frac{2\times 760}{760}$ অথবা $D_2=40$.

4. A quantity of a gas at 10°C occupies a volume of 1000 c.c. At what temperature will the pressure and the volume becomes double and treble respectively ? Calculate also the increase of temperature. [10°C উষ্ণতায় কোন গ্যাসের আয়তন 1000 c.c.। কত তাপমাত্রায় চাপ ও আয়তন যথাক্রমে দ্বিগুণ ও তিনগুণ হইবে ? তাপমাত্রা কতটা বৃদ্ধি করিতে হয় তাহাও নির্ণয় কর।]

বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্র অনুসারে,

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$$

প্রশ্নানুসারে $P_1=1$ অ্যাটমস্‌ফিয়ার, $\quad P_2=2$ অ্যাটমস্‌ফিয়ার

$V_1=1$ লিটার $\quad V_2=3$ লিটার

$T_1=10+273=283° \quad T_2=?$

$\therefore \frac{1\times 1}{283}=\frac{2\times 3}{T_2}$

বা, $T_2=1698°A=(1698-273)°C=1425°C$.

$\therefore$ তাপমাত্রা $1425-10=1415°C$ বৃদ্ধি করিতে হইবে।

5. A quantity of a gas occupies a volume of 400 c.c. at 27°C and under a pressure of 1 atmosphere If the temperature be changed to 47°C then at what pressure will the volume of the gas reduce to 360 c. c. ? [27°C উষ্ণতায় এবং 1 অ্যাটমস্‌ফিয়ার চাপে কোন গ্যাসের আয়তন 400 c.c.। যদি তাপমাত্রা পরিবর্তন করিয়া 47°C করা হয় তাহা হইলে কত চাপে ঐ গ্যাসের আয়তন 360 c c. হইবে ?]

আমরা জানি, $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$

প্রশ্নানুসারে, $P_1=1$ অ্যাটমস্‌ফিয়ার $\quad P_2=?$

$V_1=40$ c.c. $\quad V_2=360$ c.c.

$T_1=27+273=300^\circ \quad T_2=273+47=320^\circ$

অতএব, $\frac{1\times 400}{300}=\frac{P_2\times 360}{320}$

বা, $P_2=\frac{400}{300}\times\frac{320}{360}=1{\cdot}185$ অ্যাটমস্‌ফিয়ার।

6. At what depth in a pond will a bubble of air have one-half the volume it will have on reaching the surface ? (Barometric height 76 cm. of Hg. density of murcury 13·6, temperature of water in the pond 15°C). [কোন পুকুরের জলতলের কতটা নীচে একটি বুদ্‌বুদের আয়তন জলতলের উপরিভাগে উহার যে আয়তন তাহার অর্ধেক হইবে ? দেওয়া আছে—পারদ ব্যারোমিটারের উচ্চতা = 76 cm. ; পারদের ঘনত্ব = 13·6, জলের উষ্ণতা = 15°C।]

Hints : ধরা যাউক, জলের উপরিভাগে বুদ্‌বুদ্‌টির আয়তন = V c.c.

বয়েল সূত্র হইতে আমরা জানি $PV=P_1V_1 \quad \therefore \quad 76\times V=P_1\times\frac{1}{2}V$

বা, $P_1=152$ cm. অতএব, জলের পরিবর্তে যদি পারদের ভিতর বুদ্‌বুদ্‌টি থাকিত তাহা হইলে বুদ্‌বুদ্‌টি যে জায়গায় আছে সে জায়গা হইতে আরও (152 − 76) বা 76 cm. নীচে লইয়া গেলে উহার আয়তন পূর্বের আয়তনের অর্ধেক হইবে। ∴ জলের উপরিভাগ হইতে (76 × 13·6) বা 1033·6 cm. নীচে বুদ্‌বুদ্‌টির আয়তন জলের উপরিভাগে যে আয়তন তাহার অর্ধেক হইবে।

অনুশীলনী

1. 17°C উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 200 c.c.। তাপমাত্রা 92°C হইলে উহার আয়তন কত হইবে? (চাপ অপরিবর্তিত) [উঃ 252 c.c.]

2. কোন গ্যাসের মধ্যে খানিকটা কঠিন পদার্থ আছে। প্রমাণ চাপে কঠিনসুদ্ধ গ্যাসের আয়তন 50 c.c.। বায়ুর চাপ বাড়াইয়া দ্বিগুণ করিলে কঠিন ও গ্যাসের আয়তন কমিয়া 30 c.c. হয়। কঠিনের আয়তন কত? [উঃ 10 c.c.]

3. 25°C উষ্ণতায় কঠিন সুদ্ধ কোন গ্যাসের আয়তন 100 c.c.। উষ্ণতা এবং চাপ বৃদ্ধি পাইয়া দ্বিগুণ হইলে, কঠিন ও গ্যাসের যুক্ত আয়তন কমিয়া 60 c.c. হয়। কঠিন পদার্থ টির আয়তন নির্ণয় কর। [উঃ 12·67]

[মনে কর কঠিনের আয়তন = V c.c.; চাপ = P mm.। ∴ গ্যাসের আয়তন = (100 − V) c.c. যখন চাপ = P mm. এবং উষ্ণতা = 273 + 25 = 298° A। আবার চাপ যখন 2P mm. এবং উষ্ণতা 273 + 50 = 323°A তখন গ্যাসের আয়তন = (60 − V) c.c.।

অতএব, গ্যাস সমীকরণ অনুযায়ী $\frac{P(100-V)}{298}=\frac{2P(60-V)}{323}$। ∴ V = ?]

4. প্রমাণ চাপে কোন গ্যাস ও তরল পদার্থের যুক্ত আয়তন 79 c.c. বায়ুর চাপ বাড়াইয়া চারগুণ করিলে, গ্যাস ও তরলের যুক্ত আয়তন কমিয়া 25 c.c. হয়। এই 25 c.c. মিশ্রণে গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন কত? [উঃ 18 c.c.]

5. কোন ব্যারোমিটার 760 mm. চাপ সূচিত করে। প্রমাণ চাপে 6 c.c. আয়তনের কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাসকে ঐ ব্যারোমিটারের পারদের উপরিস্থিত শূন্যস্থানে প্রবেশ করাইলে গ্যাসের আয়তন যদি 2 c.c. বৃদ্ধি পায় তাহা হইলে পারদস্তম্ভ কতটা নীচে নামিয়া যাইবে তাহা নির্ণয় কর। [উঃ 190 mm.]

6. প্রমাণ উষ্ণতায় এবং চাপে 40 c.c. অক্সিজেন 1·2 বর্গ সেন্টিমিটার প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট একটি নলে মারকারির উপর সঞ্চিত করা হইল। এখন নলের ভিতর মারকারির তল নিম্নের পাত্রে অবস্থিত মারকারির তল হইতে 15·6 সেন্টিমিটার উপরে অবস্থিত। সেই সময় দেখা গেল পরীক্ষাগারের উষ্ণতা 31°C এবং বায়ুমণ্ডলের চাপ 756 mm.। নলের কতখানি দৈর্ঘ্য গ্যাস দ্বারা ভর্তি ছিল? I. Sc. '41 [উঃ 47·02 cm.]

Hints: নলটির ভিতরে গ্যাসের চাপ = 756 − 156 = 600 mm. এবং উষ্ণতা = 31 + 273 = 304°A। যদি মনে করা হয় যে গ্যাসের আয়তন = V c.c. তাহা হইলে $\frac{40\times760}{273}=\frac{V\times600}{304}$.

∴ V = 56·42 c. c.

মনে কর, নলটির যে-স্থান জুড়িয়া গ্যাস অবস্থান করে তাহার দৈর্ঘ্য = l cm. এখন আয়তন = দৈর্ঘ্য × প্রস্থচ্ছেদ। ∴ আয়তন = $l\times1{\cdot}2$ বা $l\times1{\cdot}2=56{\cdot}42$ ∴ $l=\frac{56{\cdot}42}{1{\cdot}2}$cm.

7. 27°C উষ্ণতায় এবং 760 mm. চাপে কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 1000 c.c. 327°C উষ্ণতায় এবং 1520 mm. চাপে ঐ গ্যাসের আয়তন কত? I. Sc. '52 [উঃ 1000 c. c.]

৪. প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় কোন গ্যাসের আয়তন 546 c.c.। যদি উষ্ণতা এবং চাপ পরিবর্তিত করিয়া যথাক্রমে 27°C এবং 2280 mm. করা হয়, তাহা হইলে গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন নির্ণয় কর। [উঃ 346 c.c.]

9. 77°C উষ্ণতায় এবং 70 cm. চাপে কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 500 c.c. 227°C উষ্ণতায় যদি ঐ গ্যাসের আয়তন পূর্বের আয়তনের তিনগুণ হয়, তাহা হইলে এই নূতন অবস্থায় চাপ কত হইবে? [উঃ 333·3 mm.]

10. 0°C উষ্ণতায় এবং 760 mm. চাপে কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 2500 c.c. 546°C উষ্ণতায় এবং 150 cm. চাপে ঐ গ্যাসের আয়তন কত? Cal. '58 [উঃ 3800 c.c.]

11. 15°C উষ্ণতা এবং 740 mm. চাপে 100 c.c. হাইড্রোজেন গ্যাস জলের উপর সংগ্রহ করা হইল। 15°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 10 mm. হইলে, প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় শুষ্ক গ্যাসের আয়তন কত হইবে? [উঃ 91·05 c.c.]

Hints : শুষ্ক গ্যাসের চাপ = বায়ু চাপ—জলীয় বাষ্পের চাপ (t°C উষ্ণতায়)

ষোড়শ অধ্যায়

গ্যাসায়তন সূত্র ঃ অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প

(Law of gaseous volume : Avogadro's hypothesis)

16-1. গে-লুসাকের গ্যাস-আয়তন সূত্র ঃ নানারকম পরীক্ষার ফলে গে-লুসাক একটি রাসায়নিক সংযোগ সূত্র আবিষ্কার করেন। এই সূত্রটি গে-লুসাকের গ্যাস-আয়তন সূত্র (law of gaseous volume) নামে পরিচিত।

সূত্রটি বলে যে **একই উষ্ণতায় এবং চাপে বিভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে ; (i) আয়তনের সরল অনুপাতে এবং (ii) এই বিক্রিয়ায় যদি গ্যাসীয় পদার্থই উৎপন্ন হয় তাহা হইলে তাহার আয়তন ও বিক্রিয়ক গ্যাসসমূহের আয়তনের অনুপাতও সরল হয়।**

দৃষ্টান্ত ঃ প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায় যে একই উষ্ণতা ও চাপে (i) 1-ঘনায়তন হাইড্রোজেন 1-ঘনায়তন ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া 2-ঘনায়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। সুতরাং আয়তন হিসাবে হাইড্রোজেন ঃ ক্লোরিন ঃ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড $=1:1:2$ এবং ইহা একটি সরল অনুপাত।

(ii) 1-ঘনায়তন নাইট্রোজেন 3-ঘনায়তন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 2-ঘনায়তন অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করে। সুতরাং আয়তন হিসাবে নাইট্রোজেন ঃ হাইড্রোজেন ঃ অ্যামোনিয়া $=1:3:2$ এবং ইহা সরল অনুপাত।

(iii) 2-আয়তন হাইড্রোজেন 1-ঘনায়তন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 2-ঘনায়তন বাষ্প উৎপন্ন করে। সুতরাং আয়তন হিসাবে হাইড্রোজেন ঃ অক্সিজেন ঃ বাষ্প $=2:1:2$ এবং ইহাও একটি সরল অনুপাত। উৎপন্ন বাষ্পের আয়তন বিক্রিয়ক হাইড্রোজেনের ও অক্সিজেনের সহিত সরল অনুপাতে আছে।

16-2. অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প

গে-লুসাকের গ্যাস-আয়তন সূত্র এবং ডাল্টনের পরমাণুবাদ প্রায় একই সময়ে প্রচারিত হয়। গে-লুসাক বলেন যে গ্যাসীয় পদার্থগুলির মধ্যে রাসায়নিক

বিক্রিয়া ঘটে উহাদের আয়তনের সরল আঙ্কিক অনুপাতে। আবার, ডাল্টন তাহার পরমাণুবাদে বলেন, দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের অবিভাজ্য পরমাণুসমূহ রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরস্পরে সরল আঙ্কিক অনুপাতে মিলিত হইয়া যৌগিক পদার্থ গঠন করে। গে-লুসাকের সূত্র এবং ডাল্টনের পরমাণু-বাদের মধ্যে এই সাদৃশ্য দেখিয়া বার্জেলিয়াস ভাবিলেন যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারী গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন এবং উহার অন্তর্গত পরমাণুসমূহের সংখ্যার একটি সরল সম্বন্ধ আছে। বার্জেলিয়াস এই সম্বন্ধ স্থির করিতে (বা ডাল্টনের পরমাণুবাদ এবং গে-লুসাকের সূত্রের সমন্বয় সাধন করিতে) চেষ্টা করেন এবং তিনি বলেন, "একই উষ্ণতায় এবং চাপে সম-আয়তনের সকল গ্যাসই সমান সংখ্যক পরমাণু বর্তমান।" এই সময়ে পদার্থের অণুর পৃথক্ অস্তিত্ব সম্বন্ধে বিজ্ঞানীদের কোন ধারণা ছিল না। ডাল্টন মনে করিতেন হাইড্রোজেন প্রভৃতি যেমন উহাদের অবিভাজ্য পরমাণুর সৃষ্টি, তেমনই জল, অ্যামোনিয়া, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রভৃতি যৌগিক পদার্থও যথাক্রমে জল, অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরমাণুর দ্বারা গঠিত। প্রকৃতপক্ষে অণু এবং পরমাণুর পার্থক্য তখন বিজ্ঞানীদের জানা ছিল না। কিন্তু গে-লুসাক্ নিজেই বার্জেলিয়াস্-সূত্রের মারাত্মক ত্রুটি দেখাইয়া উহার বিরোধিতা করেন। প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায় দুই ঘনায়তন হাইড্রোজেন এবং এক ঘনায়তন অক্সিজেন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় দুই ঘনায়তন বাষ্প উৎপন্ন করে।

যদি ধরা যায় 1 আয়তন গ্যাসের পরমাণু সংখ্যা=n ; তাহা হইলে বার্জেলিয়াসের সূত্র অনুসারে 2n-সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু n-সংখ্যক অক্সিজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া 2n-সংখ্যক বাষ্প পরমাণু উৎপন্ন করে।

অথবা, 2টি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি অক্সিজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া 2টি বাষ্প পরমাণু উৎপন্ন করে।

অথবা, 1টি হাইড্রোজেন পরমাণু $\frac{1}{2}$-অক্সিজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া 1টি বাষ্প পরমাণুর উৎপন্ন করে। কিন্তু ডাল্টনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী পরমাণু অবিভাজ্য। সুতরাং $\frac{1}{2}$-অক্সিজেন পরমাণুর অস্তিত্ব সম্ভব নয়। কাজেই বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্ত গে-লুসাক্ সূত্র ও ডালটনের পরমাণুবাদের সমন্বয় করিতে পারে নাই।

1811 খ্রীষ্টাব্দে ইতালীয় বিজ্ঞানী অ্যামেদেও অ্যাভোগ্যাড্রো অণুবাদ (molecular theory) প্রবর্তন করেন। তিনি প্রথমেই অণুর অস্তিত্ব কল্পনা করেন এবং বলেন পদার্থের অন্তিম কণা দুই রকমের—অণু ও পরমাণু। পদার্থের যে ক্ষুদ্রতম কণা পৃথক্‌ভাবে অবস্থান করিয়া ঐ পদার্থের নিজস্ব ধর্মগুলি প্রকাশ

করিতে পারে, সেই অন্তিম বা ক্ষুদ্রতম কণাগুলিকে অ্যাভোগ্যাড্রো অণু নামে অভিহিত করেন। একই পদার্থের অণুগুলি সবই একপ্রকার।

মৌলিক পদার্থের যে চরম বা ক্ষুদ্রতম কণা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে তাহারই নাম পরমাণু। পরমাণুর স্বাধীন সত্তা নাও থাকিতে পারে। পরমাণু অবিভাজ্য, একই মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি সবই একপ্রকার। দুই বা ততোধিক পরমাণুর সমবায়ে অণুর উৎপত্তি হয়। কাজেই গ্যাসের মধ্যে ক্ষুদ্রতম কণা যাহার স্বাধীন সত্তা আছে তাহা হইল অণু, পরমাণু নহে। রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় প্রথমে অণুগুলি ভাঙিয়া পরমাণুর সৃষ্টি হয়। এই মুক্ত পরমাণুগুলি পরস্পরে নতুনভাবে যুক্ত হইয়া নতুন পদার্থ গঠন করে। সুতরাং গ্যাসের আয়তনের সঙ্গে অণুর সংখ্যার একটি সম্পর্ক বর্তমান। ইহার উপরেই ভিত্তি করিয়া অ্যাভোগ্যাড্রো বার্জেলিয়াসের সিদ্ধান্তটি সংশোধিত করিয়া তাহার নিজস্ব অণুবাদ (molecular theory) প্রকাশ করেন : **"একই উষ্ণতা ও চাপের অধীন থাকিলে সম-আয়তনবিশিষ্ট সকল গ্যাসেই** (মৌলিক বা যৌগিক) **সমান সংখ্যক অণু থাকে"**। ইহাই অ্যাভোগ্যাড্রোর নামানুসারে **অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প** নামে পরিচিত। ইহা প্রয়োগ করিয়া পরীক্ষালব্ধ ফলাফল ব্যাখ্যা করা সম্ভব হইয়াছে। যেমন, বাষ্প গঠনের বিক্রিয়াটি ধরা যাউক :—2 ঘনায়তন হাইড্রোজেন ও 1 ঘনায়তন অক্সিজেন রাসায়নিক সংযোগে 2-ঘনায়তন বাষ্প গঠন করে।

ধরা যাউক, 1-ঘনায়তন গ্যাসে n-সংখ্যক অণু আছে। তাহা হইলে অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্প অনুসারে 2n-সংখ্যক হাইড্রোজেন অণু n-সংখ্যক অক্সিজেন অণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া 2n-সংখ্যক বাষ্প অণু গঠন করে।

অথবা, 2টি হাইড্রোজেন অণু 1টি অক্সিজেন অণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া 2টি বাষ্প অণু গঠন করে।

অথবা, 1টি হাইড্রোজেন অণু $\frac{1}{2}$-অক্সিজেন অণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া 1টি বাষ্প-অণু গঠন করে। ইহা পরমাণুবাদের বিরুদ্ধ মত নহে, কারণ, অণুকে ভাগ করা যায় এবং তাহার ফলে একরূপ কিংবা বিভিন্নরূপ পরমাণু সৃষ্টি হয়। কিন্তু পরমাণু অবিভাজ্য।

সুতরাং, দেখা যাইতেছে ডালটনের পরমাণুবাদ এবং গ্যাস-আয়তন সূত্র পরস্পরবিরোধী নহে। এইভাবে অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্প গে-লুসাকের গ্যাস-আয়তন সূত্র এবং ডাল্টনের পরমাণুবাদের মধ্যে সমন্বয় সাধন করিয়াছে।

16-3. অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের প্রয়োগ ঃ গে-লুসাক্, বার্জেলিয়াস্ এবং ডাল্টন যথাক্রমে তাঁহাদের নিজস্ব আবিষ্কৃত সূত্র, সিদ্ধান্ত এবং পরমাণুবাদের মধ্যে যখন সমন্বয় সাধন করিতে না পারিয়া এক বিশেষ অসুবিধার সম্মুখীন হইলেন, অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্প তখন অতি সুন্দরভাবে এবং সহজতম উপায়ে এই অসুবিধা দূর করিয়া দেয়।

যদিও অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্প সরাসরি পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা যায় না, তথাপি ইহা হইতে যে সমস্ত সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায় কোন ক্ষেত্রেই ঐ সিদ্ধান্তগুলি প্রকৃত পরীক্ষালব্ধ ফলের বিরোধী নহে। এই কারণে ইহাকে 'অ্যাভোগ্যাড্রো-সূত্রও' বলা হয়।

রসায়ন বিজ্ঞানে অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের দান অসামান্য। প্রকৃতপক্ষে অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্প ব্যতিরেকে রসায়ন বিজ্ঞান এত উন্নত পর্যায়ে উঠিতে পারিত না।

(*a*) ইহাতেই সর্বপ্রথম পদার্থের অণুর পৃথক্ অস্তিত্ব অর্থাৎ অণু ও পরমাণুর পার্থক্য স্বীকৃত হইয়াছে।

(*b*) অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে **গ্যাসের আয়তনিক সংযুতি** হইতে উহার সঙ্কেত নির্ধারণ সম্ভব।

(*c*) পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের একটি **পদ্ধতির** ভিত্তি ইহার উপর প্রতিষ্ঠিত।

(*d*) ইহা গে-লুসাকের গ্যাস-আয়তন সূত্র সুন্দরভাবে ব্যাখ্যা করে এবং ইহা হইতে নিম্নলিখিত সিদ্ধান্তগুলিতে উপনীত হওয়া যায় ঃ

(i) গ্যাসীয় মৌলের অণু, যথা—হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, ক্লোরিন প্রভৃতি **দ্বি-পরমাণুক**।

(ii) পদার্থের **আণবিক গুরুত্ব** উহার **বাষ্প-ঘনত্বের দ্বিগুণ**।

(iii) একই উষ্ণতা এবং চাপের অধীন থাকিলে, এক **গ্রাম-অণু পরিমাণ** যে কোন পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থার আয়তন **একই হইবে**। প্রমাণ চাপে এবং উষ্ণতায় এই আয়তন প্রায় 22·4 লিটার।

আয়তনিক সংযুতি হইতে আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় ঃ অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে গ্যাসের আয়তনিক সংযুতি হইতে উহার সঙ্কেত নির্ধারণ সম্ভব। উদাহরণস্বরূপ অ্যামোনিয়াকে লওয়া যাউক।

প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায় যে, 1-ঘনায়তন নাইট্রোজেন এবং 3-ঘনায়তন হাইড্রোজেন রাসায়নিক সংযোগে 1-ঘনায়তন অ্যামোনিয়া গঠন করে।

অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী একই উষ্ণতায় এবং চাপে সম-আয়তন-বিশিষ্ট সকল গ্যাসীয় পদার্থে সম-সংখ্যক অণু বর্তমান থাকে। মনে কর 1-ঘনায়তনে এই অণুর সংখ্যা $=n$

$\therefore$ n-সংখ্যক নাইট্রোজেন অণু 3n-সংখ্যক হাইড্রোজেন অণুর সহিত রাসায়নিক সংযোগে 2n-সংখ্যক অ্যামোনিয়া অণু গঠন করে।

অথবা, 1টি নাইট্রোজেন অণু 3টি হাইড্রোজেন অণুর সহিত রাসায়নিক সংযোগে 2টি অ্যামোনিয়া অণু গঠন করে।

অথবা, $\frac{1}{2}$ নাইট্রোজেন অণু $\frac{3}{2}$ হাইড্রোজেন অণুর সহিত রাসায়নিক সংযোগে 1টি অ্যামোনিয়া অণু গঠন করে।

কিন্তু নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক (অ্যাঃ প্রকল্প)।

$\therefore$ 1টি নাইট্রোজেন পরমাণু 3টি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া 1টি অ্যামোনিয়া অণু গঠন করে।

$\therefore$ অ্যামোনিয়ার আণবিক সঙ্কেত $= NH_3$.

অ্যামোনিয়ার আণবিক সঙ্কেত যে NH_3 তাহা উহার বাষ্প-ঘনত্ব হইতে নিশ্চিতরূপে প্রমাণ করা হয়।

পরীক্ষার দ্বারা জানা যায় যে অ্যামোনিয়ার বাষ্প-ঘনত্ব $= 8{\cdot}5$

সুতরাং উহার আণবিক গুরুত্ব $= 8{\cdot}5 \times 2 = 17$ (অ্যাঃ প্রকল্প) এবং উপরিউক্ত সঙ্কেত অনুসারে অ্যামোনিয়ার আণবিক গুরুত্ব

$$= 14 + 3 \times 1 = 14 + 3 = 17$$

$\therefore$ অ্যামোনিয়ার আণবিক সঙ্কেত যে NH_3 তাহা নিশ্চিতরূপে প্রমাণিত হইল।

সপ্তদশ অধ্যায়

সমীকরণ হইতে ওজন ও আয়তন সম্পর্কিত সরল গণনা

(Simple calculations from equations involving weights and volume)

এই প্রকারের গণনায় রাসায়নিক বিক্রিয়ার নিভুর্ল সমীকরণ লিখিতে হইবে এবং নিম্নলিখিত বিষয়গুলি মনে রাখিতে হইবে :

(i) রাসায়নিক বিক্রিয়ার শর্ত (চাপ ও উষ্ণতা) বলিয়া দেওয়া না থাকিলে, প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায়ই রাসায়নিক বিক্রিয়াটি সম্পন্ন হইয়াছে বলিয়া ধরিতে হইবে।

(ii) প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় এক গ্রাম-অণু গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন 22·4 লিটার।

(iii) গ্যাসীয় পদার্থ প্রমাণ অবস্থায় না থাকিলে গ্যাস-সমীকরণের সাহায্যে উহার প্রমাণ অবস্থার আয়তন বাহির করিয়া লইতে হয়।

(iv) প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় এক লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন 0·09 গ্রাম।

(v) আণবিক গুরুত্ব$=2\times$বাষ্প-ঘনত্ব।

উদাহরণমালা

1. What weight of sulphur must be burnt in oxygen so as to produce 10 litres sulphur dioxide? [10 লিটার সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করিতে কতটা সালফার পোড়াইতে হইবে ?]

$$S + O_2 \quad SO_2$$

32 গ্রাম   22·4 লিটার

উপরি-লিখিত সমীকরণ হইতে জানা যায় যে 22·4 লিটার সালফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে 32 গ্রাম সালফার পোড়াইতে হয়।

$\therefore$ 10 লিটার সালফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে $\frac{32}{22{\cdot}4}\times 10$ গ্রাম বা 14·28 গ্রাম সালফার পোড়াইতে হয়।

2. What weight of copper must be boiled with conc- sulphuric acid to give 50 c.c. of sulphur dioxide at 27°C and 750 mm. pressure? (Cu=63·5) [27°C উষ্ণতা এবং 750 mm. চাপে 50 c.c. সালফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে কি পরিমাণ কপার গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করিতে হইবে?]

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

63·5 গ্রাম　　　　　　　　　　22·4 লিটার

যদি 50 c.c. সালফার ডাই-অক্সাইডের আয়তন প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে V c.c. হয়, তাহা হইলে,

গ্যাস সমীকরণ অনুযায়ী, $\frac{760 \times V}{273} = \frac{750 \times 50}{300}$ বা, $V = 44·9$ c.c.

এখন, উপরি-লিখিত রাসায়নিক সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে,

22·4 লিটার সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করিতে 63·5 গ্রাম কপারের প্রয়োজন

44·9 c.c. 　　"　　　　　　　　　" $\frac{63·5}{22400} \times 44·9$ গ্রাম বা 0·1272 গ্রাম কপারের প্রয়োজন।

3. What volume of sulphur dioxide would you get at 15°C and 740 mm. pressure by burning hydrogen sulphide obtained from 11 gms. of iron sulphide? [11 গ্রাম আয়রন সালফাইড হইতে উৎপন্ন হাইড্রোজেন সালফাইডকে পোড়াইলে যে সালফার ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায় 15°C উষ্ণতায় এবং 740 mm. চাপে উহার আয়তন কত?]

[I. Sc. 1913]

$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$$

56+32　　　　　　　　　22·4 লিটার (প্রঃ চাপ ও উষ্ণতায়)

∴ 88 গ্রাম FeS হইতে উৎপন্ন হয় 22·4 লিটার H_2S (প্রঃ চাপ ও উষ্ণতায়)

∴ 11 　"　　　　　" $\frac{22·4}{88} \times 11$ 　"　　　　"

আবার, $2H_2S + 3O_2 = 2SO_2 + 2H_2O$

　　$(2 \times 22·4)$ লিটার　　$(2 \times 22·4)$ লিটার

∴ H_2S হইতে সম-আয়তনের সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

বা, $\frac{22·4}{88} \times 11$ লিটার H_2S হইতে $\frac{22·4}{88} \times 11$ লিটার SO_2 উৎপন্ন হয়।

মনে কর, $\frac{22{\cdot}4}{88} \times 11$ লিটার বা 2·8 লিটার (প্রঃ চাপ ও উষ্ণতায়) SO_2 V_2 লিটারে [15°C উষ্ণতা এবং 730 mm. চাপে] পরিণত হয়।

অতএব, গ্যাস সমীকরণ হইতে $\frac{760 \times 2{\cdot}8}{273} = \frac{740 \times V_2}{273+15}$

$$\text{বা, } V_2 = \frac{760 \times 2{\cdot}8 \times 288}{273 \times 740} = 3{\cdot}03 \text{ লিটার।}$$

4. How much ammonia gas would you get from 1 gm. of NH_4Cl at 15°C and 740 mm. pressure ? [1 গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে যে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়, 15°C উষ্ণতায় এবং 740 mm. চাপে উহার আয়তন কত ?] [I. Sc. '16]

$$2NH_4Cl + CaO = CaCl_2 + H_2O + 2NH_3$$

(2 × 53·5) গ্রাম $\qquad\qquad$ 2 × 22·4 লিটার

(2 × 53·5) গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে (2 × 22·4) লিটার অ্যামোনিয়া (প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায়) উৎপন্ন হয়।

∴ 1 গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে $\frac{2 \times 22{\cdot}4}{2 \times 53{\cdot}5}$ লিটার অ্যামোনিয়া (প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায়) উৎপন্ন হয়।

গ্যাস সূত্র হইতে আমরা জানি, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

$P_1 = 760$ mm. $\qquad P_2 = 740$ mm.

$V_1 = \frac{2 \times 22{\cdot}4}{2 \times 53{\cdot}5}$ লিটার $\qquad T_2 = 15 + 273°$

$T_1 = 0 + 273°$ $\qquad V_2 = ?$

$$\therefore \frac{\frac{760 \times 2 \times 22{\cdot}4}{2 \times 53{\cdot}5}}{273} = \frac{740 \times V_2}{288}$$

$$\text{বা, } V_2 = \frac{760 \times 2 \times 22{\cdot}4 \times 288}{2 \times 53{\cdot}5 \times 273 \times 740} = 453{\cdot}6 \text{ c.c.।}$$

5. Assuming that air contains 23% of oxygen by weight, find out the volume of air, at 27°C and 750 mm. pressure that would be required for complete combustion of one kilogram of coal containing 90% carbon and 5% hydrogen. [বায়ুতে যদি

ওজন হিসাবে 23% অক্সিজেন থাকে তাহা হইলে এক কিলোগ্রাম কয়লার (যাহার ভিতর 90% কার্বন এবং 5% হাইড্রোজেন আছে) সম্পূর্ণ দহনের জন্য যে পরিমাণ বায়ুর প্রয়োজন 27°C উষ্ণতায় এবং 750 mm. চাপে উহার আয়তন নির্ণয় কর।] [I. Sc. '23]

প্রশ্নানুসারে, 1 কিলোগ্রাম কয়লাতে 50 গ্রাম হাইড্রোজেন এবং 900 গ্রাম কার্বন আছে।

$$\underset{12}{C} + \underset{2\times16}{O_2} = CO_2$$

সমীকরণ হইতে জানা যায়, 12 গ্রাম কার্বনের দহনের জন্য 32 গ্রাম অক্সিজেনের প্রয়োজন। ∴ 900 গ্রাম কার্বনের দহনের জন্য $\frac{32\times900}{12}$ বা 2400 গ্রাম অক্সিজেনের প্রয়োজন। গ

পুনরায়, $$\underset{2\times(2\times1)}{2H_2} + \underset{2\times16}{O_2} = 2H_2O$$

∴ 4 গ্রাম হাইড্রোজেনের দহনে 32 গ্রাম অক্সিজেন প্রয়োজন।

50 " " $\frac{32}{4}\times50$ বা 400 গ্রাম অক্সিজেনের প্রয়োজন।

অতএব, মোট অক্সিজেনের প্রয়োজন (2400+400) বা 2800 গ্রাম। কিন্তু 100 গ্রাম বায়ুতে 23 গ্রাম অক্সিজেন আছে, সুতরাং 2800 গ্রাম অক্সিজেন আছে $\frac{100\times2800}{23}$ গ্রাম বায়ুতে। প্রমাণ উষ্ণতায় এবং চাপে 1 লিটার বায়ুর ওজন $=14{\cdot}4\times0{\cdot}09$ বা, 1·296 গ্রাম। (যেহেতু বায়ুর ঘনত্ব $=14{\cdot}4$)

∴ 1·296 গ্রাম বায়ুর আয়তন = 1 লিটার (প্রঃ উষ্ণতায় এবং চাপে)

$\frac{100\times2800}{23}$ " " " $=\frac{100\times2800}{23\times1{\cdot}296}$ লিটার "

$=9396$ লিটার।

মনে কর, 27°C উষ্ণতায় এবং 750 mm. চাপে এই বায়ুর আয়তন V_2 লিটার।

$$\therefore \frac{V_2\times750}{27+273}=\frac{760\times9396}{273} \text{ বা, } V_2=\frac{760\times9396}{273}\times\frac{300}{750}$$

$=10460$ লিটার।

6. A sample of marble having 96·5% purity is treated with dil. HCl in order to prepare 10 litres of CO_2 at N.T.P. Calculate the weight of the impure sample needed for the purpose. [একটি নমুনার মার্বেলের বিশুদ্ধি 96·5%; এই নমুনার মার্বেলের কত পরিমাণের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রমাণ অবস্থায় 10 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যাইবে ?]

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

$40+12+48$ 22·4 লিটার

∴ প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে 100 গ্রাম বিশুদ্ধ মার্বেল প্রয়োজন। 10 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে $\frac{100}{22·4} \times 10$ গ্রাম বিশুদ্ধ মার্বেল প্রয়োজন।

প্রশ্নানুসারে, 96·5 গ্রাম বিশুদ্ধ মার্বেল আছে প্রদত্ত নমুনাটির 100 গ্রামে।

$\frac{100 \times 10}{22·4}$ " " " $\frac{100}{96·5} \times \frac{100 \times 10}{22·4}$ "

∴ নির্ণেয় পরিমাণ $= \frac{100}{96·5} \times \frac{100 \times 10}{22·4} = 46·27$ গ্রাম।

7. What weight of ammonium nitrate must be decomposed in order to get 2·5 litres of nitrous oxide at 39°C and 741 mm. pressure ? [39°C উষ্ণতায় এবং 741 mm. চাপে 2·5 লিটার নাইট্রাস অক্সাইড পাইতে হইলে কতটা অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটকে বিযোজিত করিতে হইবে ?]

মনে কর, প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় এই 2·5 লিটার নাইট্রাস অক্সাইডের আয়তন = V লিটার।

∴ $\frac{2·5 \times 741}{312} = \frac{V \times 760}{273}$ বা, $V = \frac{2·5 \times 741}{312} \times \frac{273}{760}$ লিটার

$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$

$(14+4 \times 1+14+3 \times 16)$ গ্রাম   22·4 লিটার

∴ 22·4 লিটার নাইট্রাস অক্সাইড পাওয়া যায় 80 গ্রাম NH_4NO_3 হইতে

বা, $\frac{2·5 \times 741}{312} \times \frac{273}{760}$ " " $\frac{80}{22·4} \times \frac{2·5 \times 741 \times 273}{312 \times 760}$ গ্রাম

বা 7·61 গ্রাম অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট হইতে।

8. A sample of aluminium contains alumina as an impurity. 0·0321 gm. of the sample gave on treatment with dilute acid 39·3 c.c. of moist hydrogen measured at 13°C and 761 mm. pressure. Calculate the percentage of impurity of the metal. *Aqueous tension at 13°C=11 mm.* [কোন অ্যালুমিনিয়ামে কিছু অ্যালুমিনা অবিশুদ্ধি হিসাবে আছে। এই অ্যালুমিনিয়ামের 0·0321 গ্রামের সহিত লঘু অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় 13°C উষ্ণতায় এবং 761 mm. চাপে 39·3 c.c. আর্দ্র হাইড্রোজেন পাওয়া গেল। ধাতুটির শতকরা অবিশুদ্ধি নির্ণয় কর। 13°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্প চাপ=11 mm.] [I. Sc. '46]

মনে কর, প্রমাণ উষ্ণতায় এবং চাপে হাইড্রোজেনের আয়তন=V c.c., তাহা হইলে,

$$\frac{39{\cdot}3\times(761-11)}{273+13}=\frac{V\times760}{273} \text{ বা, } V=\frac{39{\cdot}3\times(761-11)}{(273+13)}\times\frac{273}{760}=37 \text{ c.c.}$$

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$$

(2×27) গ্রাম (3×22·4) লিটার

3×22·4 লিটার হাইড্রোজেন পাওয়া যায় 54 গ্রাম অ্যালুমিনিয়ামের বিক্রিয়ায়।

37 c.c. ,, ,, $\frac{54}{3\times22400}\times37$ গ্রাম বা 0·0297 গ্রাম অ্যালুমিনিয়ামের বিক্রিয়ায়।

∴ অবিশুদ্ধির পরিমাণ=0·0321−0·0297=0·0024 গ্রাম।

অবিশুদ্ধির শতকরা পরিমাণ $=\frac{0{\cdot}0024}{0{\cdot}0321}\times100=7{\cdot}4.$

9. 10 gms. each of copper and sulphur are separately heated with excess of strong sulphuric acid. Compare the volumes of sulphur dioxide produced. [10 গ্রাম কপার এবং 10 গ্রাম সালফার পৃথক্‌ভাবে অতিরিক্ত পরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করা হইল। উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইডের আয়তনের তুলনা কর।] [I. Sc. '10]

$$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+2H_2O+SO_2$$

63 গ্রাম 22·4 লিটার

সুতরাং প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায়,

63 গ্রাম কপার উৎপন্ন করে 22·4 লিটার সালফার ডাই-অক্সাইড

10 ,, ,, $\frac{22 \cdot 4}{63} \times 10$,, ,,

আবার, $S + 2H_2SO_4 = 2H_2O + 3SO_2$

32 গ্রাম (3 × 22·4) লিটার

সুতরাং প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায়,

32 গ্রাম সালফার উৎপন্ন করে (3 × 22·4) লিটার সালফার ডাই-অক্সাইড।

10 ,, ,, $\frac{3 \times 22 \cdot 4}{32} \times 10$,, ,,

$$\frac{\text{কপার দ্বারা উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইডের আয়তন}}{\text{সালফার দ্বারা উৎপন্ন সালফার ডাই-অক্সাইডের আয়তন}}$$

$$= \frac{\frac{22 \cdot 4 \times 10}{63}}{\frac{3 \times 22 \cdot 4 \times 10}{32}} = \frac{32}{189}$$

10. Calculate the volume of the electrolytic gas that would be evolved on electrolysis of 10 gms of water. [10 গ্রাম জল তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হইলে, বিশ্লেষণজাত গ্যাসের আয়তন নির্ণয় কর।]

উষ্ণতা ও চাপের উল্লেখ না থাকায় প্রমাণ অবস্থার আয়তন নির্ণয় করিতে হইবে। তড়িৎ-বিশ্লেষণে জল হইতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।
∴ হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের যুক্ত আয়তন নির্ধারণ করিতে হইবে।

$2H_2O = 2H_2 + O_2$

2 × 18 2 × 22·4 লিটার 22·4 লিটার

36 গ্রাম জল হইতে উৎপন্ন হয় 22·4 লিটার অক্সিজেন

∴ 10 ,, ,, $\frac{22 \cdot 4}{36} \times 10$ „ বা, 6·22 লিটার অক্সিজেন।

মুক্ত (উৎপন্ন) হাইড্রোজেনের আয়তন (অক্সিজেনের আয়তন দ্বিগুণ বলিয়া) = (2 × 6·22) লিটার বা, 12·44 লিটার। ∴ তড়িৎ-বিশ্লেষণজাত গ্যাসের মোট আয়তন = 6·22 + 12·44 = 18·66 লিটার।

অনুশীলনী

1. প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 10 লিটার অ্যামোনিয়া পাইতে হইলে কতটা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের প্রয়োজন? (I. Sc. 1902) [উঃ 28·88 গ্রাম]

2. কোন পাইরাইটসে 40% সালফার আছে। এই পাইরাইটসের 5 গ্রাম সম্পূর্ণরূপে দহন করিবার জন্য যে পরিমাণ বায়ুর প্রয়োজন 30°C উষ্ণতায় এবং 750 mm. চাপে উহার আয়তন কত? (মনে কর, বায়ুতে আয়তন হিসাবে 20% অক্সিজেন বর্তমান)। (1. Sc. '50)

[উঃ 7·8 লিটার]

3. 1000 লিটার আয়তনবিশিষ্ট কোন বেলুনকে 30°C উষ্ণতা এবং 750 mm. চাপের হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিতে হইবে। এই পরিমাণ হাইড্রোজেন উৎপাদনের জন্য কত পরিমাণ লৌহের প্রয়োজন হইবে?

[উঃ জলীয় বাষ্পের সহিত লৌহের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিলে 1667 গ্রাম, কিন্তু অ্যাসিড ও লৌহের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিলে 2224 গ্রাম লৌহ প্রয়োজন]

4. 25 গ্রাম জিঙ্ক এবং লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় তাহা পোড়াইতে হইলে 12°C উষ্ণতা এবং 760 mm. চাপে কতটা (আয়তন হিসাবে) অক্সিজেন প্রয়োজন? (I. Sc. 1908) [উঃ 4·37 লিটার]

5. 18 গ্রাম জলীয় বাষ্পের ক্রিয়ায় কত গ্রাম লৌহ উহার অক্সাইডে পরিণত হইবে? এই বিক্রিয়ায় যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় উহার আয়তন কত? (I. Sc. 1904)

[উঃ 42 গ্রাম লৌহ : হাইড্রোজেনের আয়তন 22·4 লিটার]

6. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির প্রতিটি ক্ষেত্রে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় কি পরিমাণ গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহা নির্ণয় কর:

(i) 4·5 গ্রাম জল ধাতব সোডিয়াম দ্বারা বিয়োজিত করা হইল। (ii) 4·5 গ্রাম জল (জলীয় বাষ্প হিসাবে) লোহিত তপ্ত লৌহের উপর দিয়া প্রবাহিত করা হইল। (iii) 4·5 গ্রাম জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হইল। (I. Sc. '27)

[উঃ (i) 2·8 লিটার, (ii) 5·6 লিটার, (iii) 8·4 লিটার (হাইড্রোজেন 5·6 লিটার এবং অক্সিজেন 2·8 লিটার)]

7. 1·84 গ্রাম $CaCO_3$ এবং $MgCO_3$এর মিশ্রণ তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন CO_2 গ্যাস বিতাড়িত করিলে দেখা যায় যে অবশেষের ওজন 0·96 গ্রাম। মিশ্রণটিতে উপাদানগুলির শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। (U. P. Board, 1948)

[উঃ $CaCO_3 = 54{\cdot}35\%$, $MgCO_3 = 45{\cdot}65\%$]

Hints: ধরা যাউক $CaCO_3 = x$ গ্রাম। অতএব $MgCO_3 = (1{\cdot}84 - x)$ গ্রাম।

$$\underset{100}{CaCO_3} = \underset{56}{CaO} + CO_2, \quad \underset{84}{MgCO_3} = \underset{40}{MgO} + CO_2$$

অঙ্কের শর্তানুসারে, $\frac{56x}{100} + \frac{40(1{\cdot}84 - x)}{84} = 0{\cdot}96.$

8. 2 লিটার সমুদ্র-জল হইতে প্রাপ্ত NaClকে সম্পূর্ণভাবে Na_2SO_4-এ রূপান্তরিত করিতে কত ওজনের সালফিউরিক অ্যাসিড লাগিবে ? সমুদ্র-জলের ঘনত্ব=1·04 এবং সমুদ্র-জলে 3·42% লবণ আছে। (Allahabad '20) [উঃ 59·58 গ্রাম]

9. 27°C উষ্ণতা এবং 760 mm. চাপে 1 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে কতটা ক্যালসিয়াম কার্বনেট উত্তপ্ত করিতে হয় এবং ঐ পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করিতে কত গ্রাম বিশুদ্ধ কার্বনকে অক্সিজেনে পোড়াইতে হয় ? (Cal. '29)

[উঃ $CaCO_3$=4 গ্রাম, কার্বন=0·49 গ্রাম]

10. 0·5 গ্রাম জিঙ্ক লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় যে আর্দ্র হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে 16°C উষ্ণতা এবং 755 mm. চাপে উহার আয়তন 160 c. c.। জিঙ্কের এই নমুনাতে বিশুদ্ধ জিঙ্কের পরিমাণ শতকরা কত অংশ ? (Zn=65·4, 16°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্প-চাপ= 13·58 mm.) [উঃ 86·12%]

Questions

1. State and explain the law of conservation of mass. Describe in brief an experiment to verify the law. (H. S. '60, I. Sc. cf. '22)

2. State and explain with suitable illustrations the following laws of chemical combination : (a) law of constant proportion, (b) law of multiple proportion. (I. Sc. cf. '40, '49)

3. State the postulates of Dalton's atomic theory. (I. Sc. cf. '39, '42)

4. State and explain : (a) Boyle's law and (b) Charles' law. Combine the two laws to establish the gas equation. (I. Sc. cf. '34)

5. What is meant by 'absolute zero' and what is 'absolute scale' of temperature ? State the relationship between absolute temperature and temperature in centigrade scale.

What is meant by normal or standard temperature and pressure ?

6. Express Charles' law in terms of absolute temperature. Deduce the relationship between the pressure and density of a gas at constant temperature.

7. State with suitable illustrations Gay-Lussac's law of gaseous volume. (I. Sc. cf. '47, '49)

8. What is Avogadro's hypothesis ? State its applications : Show how Avogadro's hypothesis helped in harmonising Gay-Lussac's law of gaseous volumes with Dalton's atomic theory. (H. S. '60, I. Sc. cf. '49, '57)

9. Deduce the molecular formula of ammonia from the following experimental result : One volume of nitrogen combines with three volumes of hydrogen to yield two volumes of ammonia.

Sample questions for informal objective type test.

A. Alternate response type.

(i) *True or False type*

(a) Berzalius hypothesis failed to co-relate Gay-Lussac's law of gaseous volumes with Dalton's atomic Theory. —

(b) Equal volumes of all gases under identical conditions of temperature and pressure contain the same number of atoms. —

(c) Oxidation and reduction occur simultaneously. —

(d) Oxidation always means an addition of oxygen, —

(e) Pure water is a good conductor of electricity. —

(ii) *Yes or No type*

(a) Should hydrogen peroxide be considered as a reducing agent ? —

(b) Is ammonia a base ?

(c) Can ammonia be dried by sulphuric acid or phosphorous pentoxide ?—

(d) Can hydrochloric acid be used for preparing nitric acid from a nitrate ? —

B. Recall type,

(i) The total mass of the reactants must be—to the total mass of the products. —

(ii) Temperature remaining constant the pressure of a gas varies— as the density. —

(iii) Mixture of conc. nitric and hydrochloric acid in proportion of — by volume is known as aqua regia. —

(iv) Atoms of one and the same element are – in all respects. —

C. Strike off the irrelevant portion to give a complete correct statement. —

(i) Ammonia is obtained by heating an ammonium salt with *an acid/a base*. (ii) Nitric acid is prepared in the laboratory by distilling a mixture of nitrate and H_2SO_3/HCl. (iii) Pressure remaining unchanged the volume of a given mass of gas varies *directly/inversely* as the absolute temperature. (iv) Substances, which either in a state of solution or in a state of fusion while carrying current undergo decompostion are called *conductor/electrolyte*.

অষ্টাদশ অধ্যায়

রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক (Chemical equivalent)

18-1. তুল্যাঙ্কভার (equivalent weight) : কোন মৌলিক পদার্থের **যত ভাগ** ওজন 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন, 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন বা 35·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয় অথবা ঐ পরিমাণ হাইড্রোজেন বা অক্সিজেন বা ক্লোরিনকে ইহাদের কোন যৌগ হইতে অপসারিত বা প্রতিস্থাপিত করে **তত ভাগ** ওজনের **সংখ্যাটিকে** সেই মৌলিক পদার্থের তুল্যাঙ্কভার (equivalent weight) বা সংক্ষেপে তুল্যাঙ্ক বলা হয়।

স্বতরাং, তুল্যাঙ্ক বা যোজনভার বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পারস্পরিক সংযোগের একটি তুলনামূলক সংখ্যা এবং H-কে প্রমাণ পদার্থ ধরিয়া নিম্নলিখিত অনুপাতটি দ্বারা ইহাকে প্রকাশ করা যায় :—

$$\text{মৌলের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{মৌলের ওজন} \times 1{\cdot}008}{\text{সংযুক্ত বা প্রতিস্থাপিত H-এর ওজন}}$$

উদাহরণস্বরূপ 1·008 ভাগ ওজন হাইড্রোজেন 23 ভাগ ওজনের সোডিয়াম এবং 127 ভাগ ওজনের আয়োডিনের সহিত সংযুক্ত হইয়া যথাক্রমে NaH ও HI গঠন করে। স্বতরাং, সোডিয়াম এবং আয়োডিনের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 23 এবং 127। আবার, 8 ভাগ ওজন অক্সিজেন 20 ভাগ ওজনের ক্যালসিয়াম ও 12·16 ভাগ ওজনের ম্যাগনেসিয়ামের সহিত যুক্ত হইয়া যথাক্রমে CaO এবং MgO গঠন করে। স্বতরাং, ক্যালসিয়াম এবং ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 20 এবং 12·16। সেইরূপে 35·5 ভাগ ওজন ক্লোরিন 9 ভাগ ওজনের অ্যালুমিনিয়ামের সহিত যুক্ত হইয়া $AlCl_3$ গঠন করে। স্বতরাং, অ্যালুমিনিয়ামের তুল্যাঙ্কভার 9। আবার 12·16 ভাগ ওজনের ম্যাগনেসিয়াম, 32·5 ভাগ ওজন জিঙ্ক, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে 1·008 ভাগ ওজন হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে। স্বতরাং, ম্যাগনেসিয়াম ও জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 12·16 এবং 32·5।

তুল্যাঙ্কভার ও পারমাণবিক গুরুত্বের সম্বন্ধ :

মনে কর, কোন মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব A, যোজ্যতা V এবং তুল্যাঙ্কভার E, তাহা হইলে যোজ্যতার সংজ্ঞানুসারে মৌলিক পদার্থের একটি

পরমাণু V-সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইবে। হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব যদি 1·008 হয়, মৌলিক পদার্থের A গ্রাম (V×1·008) গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইবে। অতএব, 1·008 ভাগ ওজন হাইড্রোজেন যুক্ত হয় $\frac{A}{V}$ ভাগ ওজন মৌলিক পদার্থের সহিত। কিন্তু তুল্যাঙ্কভারের সংজ্ঞানুযায়ী, $\frac{A}{V}$ এই সংখ্যাটিই মৌলিক পদার্থের তুল্যাঙ্কভার হইবে। অতএব, $E=\frac{A}{V}$ বা, $A=E-V$।

অর্থাৎ, পারমাণবিক গুরুত্ব = তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা।

এখন যোজ্যতা যদি হয় 1, তাহা হইলে পারমাণবিক গুরুত্ব = তুল্যাঙ্কভার। অতএব, যে-সকল মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা 1, তাহাদের তুল্যাঙ্কভার এবং পারমাণবিক গুরুত্বের মধ্যে কোন পার্থক্য থাকে না। (যেমন—সোডিয়াম, পটাসিয়াম ইত্যাদির তুল্যাঙ্কভার এবং পারমাণবিক গুরুত্ব একই সংখ্যা দ্বারা সূচিত হয়)। আবার, যে সকল মৌলিক পদার্থের একাধিক যোজ্যতা আছে তাহাদের তুল্যাঙ্কভারও একাধিক হইয়া থাকে। যেমন—CO_2-তে কার্বনের তুল্যাঙ্কভার 3 এবং CO-তে কার্বনের তুল্যাঙ্কভার 6।

18-2. তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় পদ্ধতি

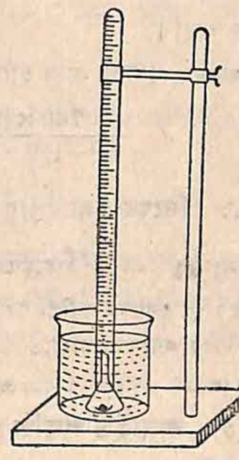
(*a*) হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পন্থায় তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় :

নীতি : অ্যাসিডের সহিত ধাতুর বিক্রিয়ায় যদি হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহা হইলে কত ওজনের ধাতু কত ওজনের হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে তাহা নির্ণয় করিয়া ধাতুর তুল্যাঙ্ক বাহির করা হয়।

$$\text{ধাতুর তুল্যাঙ্ক} = \frac{\text{ধাতুর ওজন} \times 1{\cdot}008}{\text{উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

পদ্ধতি : যথার্থ ওজন করিয়া বিশুদ্ধ জিঙ্কের খানিকটা (0·1 গ্রামের কাছাকাছি) একটি ওয়াচ গ্লাসে লও। ওয়াচ গ্লাসটি একটি বীকারে রাখিয়া একটি ফানেল উপুড় করিয়া উহা ঢাকিয়া দাও। এইবার বীকারটি জল দ্বারা ভর্তি কর যাহাতে নলসহ সম্পূর্ণ ফানেলটি জলের ভিতর নিমজ্জিত থাকে। এক মুখ খোলা একটি অংশাঙ্কিত লম্বা নল জলে পূর্ণ করিয়া ফানেলের উপর উপুড় করিয়া

বসাও এবং চিত্রে প্রদর্শিত ব্যবস্থামত একটি স্ট্যাণ্ডের সহিত আটকাইয়া রাখ। এখন বীকারের ভিতরে ধীরে ধীরে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাল এবং বীকারের মধ্যে কয়েক ফোঁটা কপার সালফেট দ্রবণ যোগ কর। জিঙ্ক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়। এই নির্গত গ্যাস অংশাঙ্কিত নলে জমা হয়।



হাইড্রোজেন গ্যাস অংশাঙ্কিত নলে জমা হইতেছে

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 = H_2$$

বিক্রিয়াশেষে অংশাঙ্কিত নলের খোলা মুখটি আঙুল দ্বারা বন্ধ করিয়া একটি জলভরা জারের মধ্যে এমনভাবে রাখ যাহাতে অংশাঙ্কিত নলের জল এবং জারের জল যেন একই সমতলে থাকে। এই অবস্থায় হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন অংশাঙ্কিত নল হইতে স্থির কর। ব্যারোমিটার হইতে বায়ুচাপ এবং থার্মোমিটারের সাহায্যে জলের উষ্ণতা জানিয়া লও।

গণনা: মনে কর, জিঙ্কের ওজন = w গ্রাম।
সঞ্চিত হাইড্রোজেনের আয়তন = V c.c.
বায়ুচাপ = P mm.
জলের উষ্ণতা = t°C.
এবং t°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ = f mm.

যেহেতু হাইড্রোজেন গ্যাস জলের উপর সংগ্রহ করা হয়, সেইজন্য বায়ুমণ্ডলের চাপ = t°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পচাপ + হাইড্রোজেনের চাপ।

অর্থাৎ, f + হাইড্রোজেন গ্যাসের চাপ = P.

অতএব, হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রকৃত চাপ = (P − f) mm.

যদি প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় এই হাইড্রোজেনের আয়তন V′ c.c. হয়, তাহা হইলে

$$\frac{760 \times V'}{273} = \frac{(P-f) \times V}{273+t}$$

অথবা $V' = \frac{(P-f)V \times 273}{760 \times (273+t)}$ c.c.

সুতরাং, সঞ্চিত হাইড্রোজেনের ওজন $= \frac{(P-f)V \times 273}{760 \times (273+t)} \times 0{\cdot}00009$ গ্রাম;

কারণ, প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1 c.c. হাইড্রোজেনের ওজন $= 0{\cdot}00009$ গ্রাম

$\frac{(P-f)V \times 273}{760 \times (273+t)} \times 0{\cdot}00009$ গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয় w গ্রাম জিঙ্কের দ্বারা।

অতএব, 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয়

$$\frac{w \times 760 \times (273+t) \times 1{\cdot}008}{(P-f)V \times 273 \times 0{\cdot}00009}$$ গ্রাম জিঙ্কের দ্বারা।

$$\therefore \text{ জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{w \times 760 \times (273+t) \times 1{\cdot}008}{(P-f)V \times 273 \times 0{\cdot}00009}$$

বিঃ দ্রঃ এইরূপে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পন্থায় ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, আয়রন ইত্যাদি ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায়। অ্যালুমিনিয়ামের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করিতে হইলে সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিতে হয় এবং একমাত্র জিঙ্কের ক্ষেত্রেই কপার সালফেটের প্রয়োজন হয়।

(*b*) **অক্সাইড পদ্ধতি :**

নীতি : ধাতুকে উত্তপ্ত করিয়া ধাতব অক্সাইডে পরিণত করা হয়। ইহা হইতে কত পরিমাণ ধাতু কত পরিমাণ অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে তাহা জানা যায়। $2Mg + O_2 = 2MgO$.

সুতরাং 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত কত ভাগ ওজনের ধাতু যুক্ত হয় তাহা গণনা করা হয়।

পদ্ধতি : ঢাক্‌না সমেত একটি পরিষ্কার ও শুষ্ক পর্সেলীন মুছির ওজন লও। প্রায় 5 ইঞ্চি লম্বা বিশুদ্ধ ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা টুক্‌রা করিয়া ভাঙ্গিয়া মুছির ভিতর লইয়া ঢাক্‌না সমেত মুছিটিকে পুনরায় ওজন কর। এইবার ঢাক্‌নাটি মুছির মুখে এমনভাবে বসাইয়া দাও যাহাতে মুছির ভিতর বায়ু প্রবেশ করিতে পারে। মুছিটিকে তেপায়ার উপর স্থাপিত একটি চীনামাটির ত্রিভুজের উপর বসাইয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত কর। ম্যাগনেসিয়াম সম্পূর্ণরূপে পুড়িয়া গেলে মুছিটিকে শোষকাধারে রাখিয়া ঠাণ্ডা কর এবং ইহার ওজন লও।

গণনা : মুছি + ঢাক্‌নার ওজন $= m_1$ গ্রাম।

মুছি + ঢাক্‌না + ম্যাগনেসিয়ামের ওজন $= m_2$ গ্রাম।

মুছি + ঢাক্‌না + ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ওজন $= m_3$ গ্রাম।

অতএব, ম্যাগনেসিয়ামের ওজন $= (m_2 - m_1)$ গ্রাম।

এবং ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ওজন $= (m_3 - m_1)$ গ্রাম।

সুতরাং, অক্সিজেনের ওজন = ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ওজন—ম্যাগনেসিয়ামের ওজন = $\{(m_3 - m_1) - (m_2 - m_1)\}$ গ্রাম = $(m_3 - m_2)$ গ্রাম।

অতএব, $(m_3 - m_2)$ গ্রাম অক্সিজেন $(m_2 - m_1)$ গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সহিত যুক্ত হয়।

সুতরাং, 8 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় $\frac{m_2 - m_1}{m_3 - m_2} \times 8$ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম।

সুতরাং, ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার = $\frac{m_2 - m_1}{m_3 - m_2} \times 8$.

দ্রষ্টব্য ঃ এই পদ্ধতিতে ম্যাগনেসিয়ামের সঠিক তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায় না। কারণ, বায়ুতে উত্তপ্ত করিবার সময় ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের সহিত খানিকটা নাইট্রাইডও গঠিত হয়; উপরন্তু এই উত্তপ্ত অবস্থায়, MgO-এরও খানিকটা উবিয়া যাইতে পারে।

(c) অক্সিজেন অপসারণ পদ্ধতি ঃ

নীতি ঃ অনেক ধাতুর তপ্ত অক্সাইডের উপর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত করিলে ধাতব অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতুতে পরিণত হয়। যথা,

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

পদ্ধতি ঃ একটি পর্সেলীনের বোটে খানিকটা শুষ্ক ও বিশুদ্ধ কপার অক্সাইড ওজন করিয়া লও; অক্সাইড সহ বোটটি একটি শক্ত কাচের মোটা নলের ভিতর রাখ এবং ইহাকে দহন-চুল্লীর কড়া তাপে উত্তপ্ত কর। এই তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহিত কর। বিক্রিয়াশেষে উৎপন্ন কপারের ওজন লও।

গণনা ঃ মনে কর, কপার অক্সাইডের ওজন = m_1 গ্রাম।

বিজারণ শেষে প্রাপ্ত ধাতুর ওজন = m_2 গ্রাম।

সুতরাং, অক্সিজেনের ওজন = $(m_1 - m_2)$ গ্রাম।

$(m_1 - m_2)$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় m_2 গ্রাম ধাতুর সহিত।

$\therefore$ 8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় $\frac{m_2}{m_1 - m_2} \times 8$ গ্রাম ধাতুর সহিত।

অতএব, ধাতুর (কপার) তুল্যাঙ্কভার = $\frac{m_2}{m_1 - m_2} \times 8$.

উদাহরণমালা

1. The chloride of an element contains 38·11% chlorine. Calculate the equivalent weight of the element. (Cl = 35·46) [Bom. '17]

[কোন মৌলিক পদার্থের ক্লোরাইডে শতকরা 38·11 ভাগ ক্লোরিন আছে। মৌলিক পদার্থটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।]

প্রশ্নানুসারে ক্লোরাইড যৌগটিতে মৌলিক পদার্থের শতকরা পরিমাণ
=[100−38·11) বা 61·89 ভাগ।

অতএব, 38·11 গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত থাকে 61·89 গ্রাম মৌলিক পদার্থের সহিত।

35·46 ,, ,, ,, ,, $\frac{61·89}{38·11} \times 35·46$,, ,,

∴ মৌলিক পদার্থটির তুল্যাঙ্কভার $= \frac{61·89 \times 35·46}{38·11} = 57·58.$

2. The equivalent weight of sodium is 23 and that of chlorine is 35·46. Calculate the percentage of chlorine in sodium chloride

[সোডিয়াম এবং ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 23 এবং 35·46। সোডিয়াম ক্লোরাইড যৌগে ক্লোরিনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।]

যেহেতু মৌলগুলি তুল্যাঙ্কভারের অনুপাতে যুক্ত হয়, 23 গ্রাম সোডিয়াম যুক্ত থাকিবে 35·46 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত।

∴ (23+35·46) বা 58·46 গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইডে ক্লোরিন থাকে 35·46 গ্রাম

100 ,, ,, ,, $\frac{35·46}{58·46} \times 100$

অতএব, সোডিয়াম ক্লোরাইডে ক্লোরিনের শতকরা পরিমাণ $= \frac{35·46 \times 100}{58·46}$
$= 60·6\%$।

3. When pure and dry hydrogen is passed over 1·58 gm. of heated copper oxide, 0·36 gm. of water is produced. The weight of copper produced is being 1·26 gm.; find the equivalent weight of copper and that of oxygen.

[1·58 গ্রাম তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করিলে 0·36 গ্রাম জল উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন কপারের ওজন 1·26 গ্রাম হইলে কপার এবং অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।]

হাইড্রোজেন দ্বারা কপার অক্সাইডের বিজারণ নিম্নলিখিত সমীকরণের মাধ্যমে প্রকাশ করা হয় : $CuO + H_2 = Cu + H_2O$.

কপার অক্সাইডের ওজন = 1·58 গ্রাম ; কপারের ওজন = 1·26 গ্রাম।

∴ অক্সিজেনের ওজন = 1·58 − 1·26 = 0·32 গ্রাম।

এই অক্সিজেন হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জল গঠন করে = 0·36 গ্রাম। সুতরাং, হাইড্রোজেনের ওজন = (0·36 − 0·32) = 0·04 গ্রাম।

অর্থাৎ, 0·04 গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত হয় 0·32 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত।

সুতরাং, 1 গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত হয় $\frac{0·32}{0·04} = 8$ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত।

সুতরাং, অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার = 8।

আবার, 0·32 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় 1·26 গ্রাম কপারের সহিত

সুতরাং, 8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় $\frac{1·26}{0·32} \times 8 = 31·5$ গ্রাম কপারের সহিত।

সুতরাং, কপারের তুল্যাঙ্কভার = 31·5।

4. 0·3 gm of a metal when dissolved in hydrochloric acid gave 60 c.c. of hydrogen measured at N.T.P. Find the equivalent weight of the metal.

[0·3 গ্রাম ধাতু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় তাহার আয়তন 60 c.c.। ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।]

(N. T. P. তে) 60 c.c. হাইড্রোজেনের ওজন = (60 × 0·00009) গ্রাম। অর্থাৎ, (60 × 0·00009) গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিবার জন্য প্রয়োজন = 0·3 গ্রাম ধাতু।

বা, 1 গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন করার জন্য প্রয়োজন

$$= \frac{0·3 \times 1}{60 \times 0\ 00009} = 55·5 \text{ গ্রাম ধাতু।}$$

সুতরাং, ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার = 55·5।

5. 218·2 c.c. of hydrogen are produced at 17°C and 754·5 mm. pressure by the action of HCl on 0·218 gm. of magnesium. The gas produced is collected in a jar by displacement of water. Aqueous tension being 14·4 mm. at 17°C, find the equivalent weight of magnesium. [Patna 1928]

[0·218 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া 17°C উষ্ণতায় এবং **754·5** mm. চাপে 218·2 c.c. হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। উৎপন্ন গ্যাসকে জলের অপসারণের দ্বারা সংগৃহীত করা হয়। 17°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ=14·4 mm. হইলে ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।]

হাইড্রোজেনের চাপ$=(P-f)=754{\cdot}5-14{\cdot}4=740{\cdot}1$ mm.। 17°C উষ্ণতায় এবং 740·1 mm. চাপে হাইড্রোজেনের আয়তন=218·2 c.c.।

সুতরাং N. T. P. অর্থাৎ 0°C ও 760 mm. চাপে 218·2 c.c. গ্যাসের আয়তন যদি V c.c. হয়, তাহা হইলে বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্র অনুযায়ী :

$$\frac{V\times 760}{273}=\frac{218{\cdot}2\times 740{\cdot}1}{17+273}$$

অথবা, $$V=\frac{218{\cdot}2\times 740{\cdot}1\times 273}{760\times 290}=200 \text{ সি.সি.}$$

(N.T.P.-তে) 200 c.c. হাইড্রোজেনের ওজন$=(200\times 0{\cdot}00009)$ গ্রাম।

সুতরাং, $$\text{ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার}=\frac{\text{ম্যাগনেসিয়ামের ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$=\frac{0{\cdot}218}{200\times 0{\cdot}00009}=12{\cdot}12।$$

6. **A metallic oxide is found to contain 25·8% oxygen. Calculate the equivalent weight of the metal.**

[কোন ধাতব অক্সাইডে শতকরা 25·8 ভাগ অক্সিজেন বর্তমান। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।]

25·8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে $(100-25{\cdot}8)$ বা, 74·2 গ্রাম ধাতুর সহিত।

8 " " " " $\frac{74{\cdot}2}{25{\cdot}8}\times 8$ " "

∴ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার$=\frac{74{\cdot}2}{25{\cdot}8}\times 8=23$।

7 **2 gms. of copper on being treated with nitric acid give a solution, which on evaporation leaves a residue. The residue is heated and 2·508 gms. of copper oxide are produced. Find the equivalent weight of copper**

[2 গ্রাম কপার নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন দ্রবণকে প্রথমে বাষ্পীভূত করিয়া এবং পরে অবশেষকে কড়া তাপে উত্তপ্ত করিলে 2·508 গ্রাম কপার অক্সাইড পাওয়া যায়। কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।]

কপার অক্সাইডের ওজন = 2·508 গ্রাম। কপারের ওজন = 2 গ্রাম।

সুতরাং, অক্সিজেনের ওজন = (2·508 − 2) = 0·508 গ্রাম।

সুতরাং, 0·508 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় 2 গ্রাম কপারের সহিত।

বা, 8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় $= \frac{2 \times 8}{0·508} = 31·5$ গ্রাম কপারের সহিত।

∴ কপারের তুল্যাঙ্কভার = 31·5 ।

8. 1 gm. potassium chloride on treatment with silver nitrate gives 1·926 gms. of silver chloride. Equivalent weight of silver = 108 and that of chlorine = 35·46, find the equivalent weight of potassium. (Lond. B. Sc)

[1 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইড সিলভার নাইট্রেটের সহিত বিক্রিয়ায় 1·926 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। সিলভারের তুল্যাঙ্কভার = 108 এবং ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার = 35·46 হইলে পটাসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।]

মনে কর, পটাসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার = x

সুতরাং $\frac{\text{KCl-এর ওজন}}{\text{AgCl-এর ওজন}} = \frac{35·46 + x}{35·46 + 108}$

কিন্তু প্রশ্ন অনুযায়ী, $\frac{\text{KCl-এর ওজন}}{\text{AgCl-এর ওজন}} = \frac{1}{1·926}$

সুতরাং, $\frac{35·46 + x}{35·46 + 108} = \frac{1}{1·936}$; অথবা, $x = 39·006$

অর্থাৎ পটাসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার = 39·006 ।

9. Calculate the equivalent weight of a metal from the following experimental data :

[নিম্নলিখিত পরীক্ষালব্ধ ফল হইতে ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর] :—

First weight of the bottle + metal..... 12·9580 gm.

Second weight, after taking out a portion of the metal......12·9070 gm.

Total volume of hydrogen evolved by dissolving the metal taken out in dilute acid (after drying)...19·55 ml.

Pressure of hydrogen, when the volume was noted......750 mm.

Temperature of the gas.........27°C

One millilitre of dry hydrogen at N. T. P. weighs 0·000089 gm.

ধাতুর ওজন $=(12.9580-12.9070)$ গ্রাম $=0.0510$ গ্রাম।

মনে কর, 19·55 ml. হাইড্রোজেনের প্রমাণ অবস্থায় আয়তন = V ml.

$$\therefore \quad \frac{750\times19.55}{27+273}=\frac{V\times760}{273}$$

$$\text{বা,}\quad V=\frac{750\times19.55\times273}{300\times760}=17.5564 \text{ ml.}$$

এই হাইড্রোজেনের ওজন $=(17.5564\times0.000089)$ গ্রাম।

∴ 0·0510 গ্রাম ধাতু অ্যাসিড হইতে (17.5564×0.000089) গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। বা, 1 গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে

$$\frac{0.0510}{17.5564\times0.000089} \text{ গ্রাম ধাতু প্রয়োজন।}$$

$$\therefore \text{ সংজ্ঞা অনুযায়ী, ধাতুর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{0.0510\times1.008}{17.5564\times0.000089}=32.9$$

[**বিঃ দ্রঃ** কোন কোন ক্ষেত্রে গণনা সহজ করিবার জন্য হাইড্রোজেনের তুল্যাঙ্ক 1·008 না ধরিয়া 1 ধরা হইয়াছে। কিন্তু সকল সময়ই হাইড্রোজেনকে 1·008 ধরাই বিধেয়।]

অনুশীলনী

1. 0·3 গ্রাম ধাতুর উপর অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 278·75 c.c. শুষ্ক হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত? [উঃ 12] (Banaras U. '30)

2. 1·49 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইড সিলভার নাইট্রেটের সহিত বিক্রিয়ায় 2·87 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। সিলভারের তুল্যাঙ্কভার = 108 এবং ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার = 35·5। পটাসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [উঃ 39] (C. U. I. Sc. '43)

3. কোন ধাতব অক্সাইডে শতকরা 60 ভাগ ধাতু বর্তমান। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত? [উঃ 12]

4. 1·73 গ্রাম কিউপ্রিক সালফাইডে, 1·15 গ্রাম কপার বর্তমান। কিন্তু হাইড্রোজেন সালফাইডে 94·1% সালফার বর্তমান। কপারের তুল্যাঙ্কভার কত?

[উঃ 31·6] (C. U. I. Sc. '21)

Hints : $(100-94.1)$ গ্রাম বা 5·9 গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত হয় 94·1 গ্রাম সালফারের সহিত। ∴ 1 গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত হয় $\frac{94.1}{5.9}$ গ্রাম সালফারের সহিত। এখন এই পরিমাণ সালফার কত কপারের সহিত যুক্ত হইয়া কিউপ্রিক সালফাইড গঠন করে তাহা নির্ণয় কর, এই সংখ্যাই নির্ণেয় তুল্যাঙ্কভার।

5. ফেরিক ক্লোরাইড যৌগে আয়রনের তুল্যাঙ্ক 18·61। 1·0813 গ্রাম আয়রন কত গ্রাম ফেরিক ক্লোরাইড উৎপন্ন করিবে? (ক্লোরিনের তূল্যাঙ্ক 35·5) [উ: 3·1439 গ্রাম]

6. 0·177 গ্রাম ধাতু লঘু HCl-এর সহিত ক্রিয়া করিয়া 177 c.c. শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস (12°C উষ্ণতা এবং 766 m.m. চাপে) উৎপন্ন করে। ধাতুর তুল্যাঙ্কভার কত?

[উ: 11·5] (C. U. I. Sc.)

7. 1·4 গ্রাম "ক্যালসাইট" হইতে কত গ্রাম চুন পাওয়া যাইবে? (ক্যালসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার 20) [উ: 0·784 গ্রাম]

8. কোনও ধাতুর ক্লোরাইডকে তাপপ্রয়োগে অক্সাইডে পরিবর্তিত করা হইল। 0·1827 গ্রাম ক্লোরাইড 0·1057 গ্রাম অক্সাইড উৎপন্ন করে। ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

[ধরা যাউক x=তুল্যাঙ্কভার; তাহা হইলে (x+35·5) গ্রাম ক্লোরাইড (x+8) গ্রাম অক্সাইড প্রদান করে। কারণ, ক্লোরিন ও অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 35·5 এবং 8।

$$\frac{x+8}{x+35\cdot5}=\frac{0\cdot1057}{0\cdot1827}। \quad \therefore \quad x=29\cdot74।]$$

9. একটি ধাতব ক্লোরাইডে 54·42% ক্লোরিন (পারমাণবিক গুরুত্ব 35·5) আছে। ঐ ক্লোরাইডের বাষ্প-ঘনত্ব=8·16 (O=1) হইলে ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

[উ: 29·73] (Madras—Inter)

Hints: এখানে বাষ্প-ঘনত্ব অপ্রয়োজনীয়; ধাতুটির যোজ্যতা এবং/বা পারমাণবিক গুরুত্ব জানিতে হইলে বাষ্প-ঘনত্ব জানা প্রয়োজন।

10. নাইট্রিক অ্যাসিডে 0·54 গ্রাম সিলভার দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন দ্রবণে খাদ্য লবণের দ্রবণ যোগ করিলে 0·7175 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া যায়। সিলভারের তুল্যাঙ্কভার কত?

[উ: 108]

11. কোন ধাতব অক্সাইডে ধাতুর পরিমাণ 53% হইলে ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

[উ: 9]

12. 0·8567 গ্রাম কপার অক্সাইডকে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে অবশেষের নিত্য ওজন (constant) হয় 0·6842 গ্রাম। কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [উ: 31·728]

13. 0·398 গ্রাম ধাতব অক্সাইডকে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে, 0·09 গ্রাম জল উৎপন্ন হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [উ: 31·8]

14. 0·0396 গ্রাম ধাতব পদার্থ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে যে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় উহাকে সম্পূর্ণরূপে দহন করিতে হইলে 27°C উষ্ণতা এবং 681 mm. চাপে 13·75 c.c. শুষ্ক অক্সিজেনের প্রয়োজন। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত? [উ: 19·8] (Mysore)

Hints: 13·75 c.c. অক্সিজেনের প্রমাণ অবস্থার আয়তন বাহির কর। মনে কর, এই আয়তন=V c.c. কিন্তু অক্সিজেন উহার দ্বিগুণ আয়তনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়। ∴ ধাতুর দ্বারা যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় প্রমাণ অবস্থায় উহার আয়তন=2V c.c. অতঃপর এই হাইড্রোজেনের ওজন গণনা করিয়া উহার সাহায্যে ধাতুর তুল্যাঙ্কভার যথারীতি নির্ণয় কর।

15. একটি ধাতু দুইটি অক্সাইড উৎপন্ন করে। প্রথমটির 0·5 গ্রাম এবং দ্বিতীয়টির 0·4 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে যথাক্রমে 0·1687 গ্রাম এবং 0·1 গ্রাম জল পাওয়া যায়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [উ: 18·66, 28]

উনবিংশ অধ্যায়

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি (Acidimetry and Alkalimetry)

প্রশমন ক্রিয়া (Neutralisation): ক্ষার এবং অম্ল (অ্যাসিড) পরস্পরের সংস্পর্শে আসিলে ক্ষার অম্লের অম্লত্ব এবং অম্ল ক্ষারের ক্ষারীয় ধর্ম নষ্ট করিয়া দেয়। প্রকৃতপক্ষে ইহা একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া এবং ইহার ফলে জল ও লবণ উৎপন্ন হয়। ক্ষার এবং অম্ল তুল্য পরিমাণে মিশ্রিত করিলে উভয়ের ধর্মই সম্পূর্ণভাবে লোপ পায়। এই বিক্রিয়াকে প্রশমন ক্রিয়া বলে। বলা বাহুল্য, প্রশমন ক্রিয়ায় ক্ষার বা অম্ল যতটুকু প্রয়োজন তদপেক্ষা যেটি বেশী থাকে দ্রবণে তদনুযায়ী ক্ষারীয় বা আম্লিক ধর্মের লক্ষণ প্রকাশ পাইয়া থাকে। অম্ল এবং ক্ষার আয়নিত হইয়া দ্রবণে যথাক্রমে হাইড্রোজেন ও হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপাদন করে। যথা—

অম্ল	ক্ষার
$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$	$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$
$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{--}$	

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে প্রশমন ক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন হয় এবং যেহেতু অম্ল, ক্ষার এবং লবণ দ্রবণে আয়নিত অবস্থায় থাকে বিক্রিয়াটি সংঘটিত হয় আয়নগুলির মধ্যে : $(H^+ + Cl^-) + (Na^+ + OH^-) = Na^+ + Cl^- + H_2O.$

অম্ল অর্থাৎ অ্যাসিডের অ্যানায়ন (Cl^-) এবং ক্ষারের ক্যাটায়ন (Na^+) এই পরিবর্তনে কোন অংশ গ্রহণ করে না ; বিক্রিয়াটির পূর্বে ও পরে ইহারা আয়ন হিসাবেই থাকে। কিন্তু অ্যাসিডের হাইড্রোজেন আয়ন ক্ষারের হাইড্রক্সিল আয়নের সহিত যুক্ত হইয়া জলের অণু গঠন করে যাহা বস্তুতঃ অবিশ্লিষ্ট অবস্থায় থাকে। সুতরাং, প্রশমন ক্রিয়ায় অ্যাসিডের হাইড্রোজেন আয়ন এবং ক্ষারের হাইড্রক্সিল আয়ন অদৃশ্য হইয়া যায়।

একইভাবে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রশমন ক্রিয়াটি নিম্নলিখিত সমীকরণের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা হয় :

$$2NaOH \rightleftharpoons 2Na^+ + 2OH^-$$
$$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{--}$$

$$2NaOH + H_2SO_4 \rightleftharpoons 2Na^+ + SO_4^{--} + 2H^+ + 2OH^-$$
$$\rightleftharpoons 2Na^+ + SO_4^{--} + 2H_2O.$$

প্রমাণ দ্রবণ (Standard solution): যখন কোন নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণে জ্ঞাত পরিমাণ (known weight) দ্রাব বর্তমান থাকে তখন সেই দ্রবণকে **প্রমাণ-দ্রবণ** বলা হয়। সুতরাং, একটি প্রমাণ-দ্রবণে দ্রাবের তৌলিক পরিমাণ জানা থাকে।

সূচক (Indicator): আয়তনিক বিশ্লেষণে কতকগুলি রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহৃত হয়। এই সকল পদার্থ নিজেদের বর্ণের পরিবর্তনের দ্বারা রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরিসমাপ্তি সূচিত করে। ইহাদিগকে **সূচক** বা **নির্দেশক** বলা হয়। অন্যভাবেও বলা যাইতে পারে যে, যে-সকল পদার্থ কোন দ্রবণের সংস্পর্শে উহাদের নিজেদের বর্ণের পরিবর্তনের দ্বারা দ্রবণটি আম্লিক না ক্ষারীয় না প্রশম (neutral) তাহা নির্দেশ করিতে পারে সেই পদার্থগুলিকে সূচক বা নির্দেশক বলা হয়। যথা, মিথাইল অরেঞ্জ একটি সূচক বা নির্দেশক, কারণ, ইহা আম্লিক দ্রবণে লাল বা গোলাপী এবং ক্ষারীয় দ্রবণে হলুদবর্ণ ধারণ করে।

টাইট্রেশন (Titration): সূচক বা নির্দেশকের উপস্থিতিতে প্রমাণ দ্রবণের সহিত অজ্ঞাত মাত্রার দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করাইবার পরীক্ষা পদ্ধতির নাম **টাইট্রেশন**। অম্লমিতিতে প্রমাণ অ্যাসিড দ্রবণের সাহায্যে ক্ষারের অজ্ঞাত মাত্রা বাহির করা হয় কিন্তু ক্ষারমিতিতে প্রমাণ ক্ষার দ্রবণের সাহায্যে অ্যাসিডের অজ্ঞাত মাত্রা নির্ণয় করা হয়।

নিম্নবর্ণিত উদাহরণের সাহায্যে এই প্রণালীটি অতি সহজেই বুঝিতে পারিবে।

মনে কর, 10 c.c. কষ্টিক সোডা দ্রবণ একটি পর্সেলীনের খর্পরে লইয়া উহাতে দুই-এক ফোঁটা ফিনল্‌থ্যালিন যোগ করা হইল। ইহার ফলে কষ্টিক সোডা দ্রবণ লালবর্ণ ধারণ করে। অতঃপর বুরেট হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করা হইল (এবং প্রতি ফোঁটা যোগ করিবার পর উহাকে একটি পরিষ্কার কাচদণ্ডের সাহায্যে নাড়িয়া দেওয়া হইল) যে-পর্যন্ত না দ্রবণ বর্ণহীন হয়। এই অবস্থায় বলা হয় যে দ্রবণটি প্রশম-দ্রবণে পরিণত হইয়াছে। বুরেটের লিখন হইতে অ্যাসিডের আয়তন পড়িয়া লওয়া হইল। মনে কর, এই আয়তন 8 c.c.।

$\therefore$ 10 c.c. কষ্টিক সোডা দ্রবণ $\equiv$ 8 c.c. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ। এখন একটির মাত্রা জানা থাকিলে রাসায়নিক গণনার সাহায্যে অপরটির মাত্রা নির্ণয় করা যায়। কি-ভাবে গণনা করা হয় তাহা কিছু পরেই জানিতে পারিবে।

প্রশম-ক্ষণ (Neutral point) ঃ দ্রবণের যে অবস্থায় সূচক বা নির্দেশক বর্ণের পরিবর্তন দ্বারা রাসায়নিক বিক্রিয়ার অবসান নির্দেশ করে তাহাকে **প্রশম-ক্ষণ** বলে।

19-1. অ্যাসিড, ক্ষার, ক্ষারক ও লবণের তুল্যাঙ্ক

অ্যাসিডের যতভাগ পরিমাণ ওজনে একভাগ প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন বর্তমান তত ভাগ ওজনের সংখ্যাটিকে অ্যাসিডের **তুল্যাঙ্ক** বলে। তুল্যাঙ্ক গ্রামে প্রকাশ করিলে তাহাকে **গ্রাম-তুল্যাঙ্ক** (gram equivalent) বলে। সুতরাং, যত গ্রাম অ্যাসিডে এক গ্রাম হাইড্রোজেন (প্রতিস্থাপনযোগ্য) থাকে তত গ্রাম সেই অ্যাসিডের **গ্রাম-তুল্যাঙ্ক**। যথা, 36·5 ভাগ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে 1-ভাগ প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন বর্তমান। সুতরাং, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের তুল্যাঙ্ক=36·5 এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক=36·5 গ্রাম। আবার, 98-ভাগ সালফিউরিক অ্যাসিডে 2-ভাগ প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন বর্তমান। সুতরাং, সালফিউরিক অ্যাসিডের তুল্যাঙ্ক$=\frac{98}{2}=49$ এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক=49 গ্রাম। অতএব অ্যাসিডের তুল্যাঙ্ক।

$$=\frac{\text{অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব}}{\text{অ্যাসিডের একটি অণুতে প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা}}$$

যেহেতু অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যাই উহার ক্ষারগ্রাহিতা।

$$\text{সুতরাং, } \textbf{অ্যাসিডের তুল্যাঙ্ক}=\frac{\textbf{অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব}}{\textbf{অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা}}$$

ক্ষারের যতভাগ ওজনে 17 ভাগ ওজনের হাইড্রক্সিল মূলক অর্থাৎ একটি হাইড্রক্সিল মূলক থাকে তত ভাগ ওজনের সংখ্যাটিই ক্ষারের **তুল্যাঙ্ক**। অতএব, যত গ্রাম ক্ষারে 17 গ্রাম হাইড্রক্সিল মূলক থাকে তত গ্রাম ক্ষারকে ক্ষারের **গ্রাম-তুল্যাঙ্ক** বলে। যথা, 40-ভাগ NaOH-এর মধ্যে 17-ভাগ হাইড্রক্সিল মূলক আছে। সুতরাং, NaOH-এর তুল্যাঙ্ক=40 এবং উহার গ্রাম তুল্যাঙ্ক=40 গ্রাম। ক্ষার এবং ক্ষারকের গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংজ্ঞা সাধারণভাবেও দেওয়া যাইতে পারে। যত গ্রাম ক্ষার বা ক্ষারক এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিডকে প্রশমিত করে তত গ্রাম ওজনকে ক্ষার বা ক্ষারকের **গ্রাম-তুল্যাঙ্ক** বলা হয় এবং এই ওজনের সংখ্যাটিকে ক্ষার বা ক্ষারকের তুল্যাঙ্ক বলা হয়। যথা,

$$Ca(OH)_2+2HCl=CaCl_2+2H_2O$$

74-গ্রাম $Ca(OH)_2$, 73-গ্রাম HCl-কে প্রশমিত করিতে পারে। অর্থাৎ, 74-গ্রাম ক্ষার দুই গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে পারে। সুতরাং, অ্যাসিডের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণকে প্রশমিত করিতে $\frac{74}{2}$ গ্রাম বা 37 গ্রাম $Ca(OH)_2$-এর প্রয়োজন। অতএব, $Ca(OH)_2$-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 37 গ্রাম। আবার, $Ca(OH)_2$-এ দুইটি হাইড্রক্সিল মূলক আছে। সুতরাং, উহার গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $= \frac{40+32+2}{2}$ গ্রাম বা 37 গ্রাম।

আবার, $MgO + 2HCl = MgCl_2 + H_2$

অর্থাৎ 40 গ্রাম MgO 73-গ্রাম HCl-কে প্রশমিত করে। বা, 40 ভাগ ক্ষারক দুই গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে পারে। সুতরাং, অ্যাসিডের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণকে প্রশমিত করিতে $\frac{40}{2}$ গ্রাম বা 20 গ্রাম MgO-এর প্রয়োজন।

∴ MgO-এর তুল্যাঙ্ক এবং গ্রাম-তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে 20 এবং 20 গ্রাম।

অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমন ক্রিয়ায় একটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি হাইড্রক্সিল মূলকের সহিত যুক্ত হয়। সুতরাং, ক্ষারের একটি অণুতে যতগুলি হাইড্রক্সিল মূলক থাকে সেই সংখ্যাই ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা বা অ্যাসিড-গ্রাহিতা।

অর্থাৎ, ক্ষারের তুল্যাঙ্ক = $\frac{\text{ক্ষারের আণবিক গুরুত্ব}}{\text{ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা}}$

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতিতে অনেক সময় লবণের তুল্যাঙ্ক জানিবার প্রয়োজন হয়। লবণে অবস্থিত ধাতুটির তুল্যাঙ্ক-ভাগ যত ভাগ পরিমাণ লবণে আছে সেই সংখ্যাই **লবণের তুল্যাঙ্ক**। যথা, 106 ভাগ Na_2CO_3-এ 46-ভাগ সোডিয়াম আছে। কিন্তু Na-এর তুল্যাঙ্ক = 23 ;

অতএব, 23-ভাগ Na আছে $\frac{106}{2}$ বা 53-ভাগ সোডিয়াম কার্বনেট।

অর্থাৎ Na_2CO_3-এর তুল্যাঙ্ক = 53 এবং উহার গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 53 গ্রাম।

নরম্যাল দ্রবণ ও আণবিক দ্রবণ : 1-লিটার দ্রবণে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ পদার্থ দ্রবীভূত থাকিলে দ্রবণকে **নরম্যাল দ্রবণ** বলা হয়। সঙ্কেতের পূর্বে 'N' লিখিয়া ইহা প্রকাশ করা হয়। কিন্তু কোন কোন সময়ে দ্রবণে লিটার-প্রতি গ্রাম তুল্যাঙ্কের কোন গুণিতক বা ভগ্নাংশ পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত

থাকে এবং যত গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্রাব দ্রবণে থাকে উহাই দ্রবণের নরম্যালিটি। এই মাত্রা অনুযায়ী দ্রবণের নামকরণ করা হয়। যথা, কোন দ্রবণের এক লিটারে এক গ্রাম তুল্যাঙ্কের দশভাগের এক ভাগ দ্রাব দ্রবীভূত থাকিলে উক্ত দ্রবণকে ডেসি-নরম্যাল দ্রবণ বলা হয় এবং সঙ্কেতের পূর্বে N/10 বা 0·1 N লিখিয়া ইহা প্রকাশ করা হয়।

1-লিটার দ্রবণে এক গ্রাম-অণু পরিমাণ পদার্থ দ্রবীভূত থাকিলে আবার দ্রবণকে **আণবিক দ্রবণ** (molar solution) বলা হয়। সুতরাং, কোন পদার্থের আণবিক গুরুত্ব এবং তুল্যাঙ্ক সমান (same) হইলে ঐ পদার্থের নরম্যাল দ্রবণ এবং আণবিক দ্রবণের মধ্যে কোনই পার্থক্য থাকে না। সালফিউরিক অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব=98, কিন্তু ইহার তুল্যাঙ্ক=49। সুতরাং সালফিউরিক অ্যাসিডের 1-লিটার নরম্যাল দ্রবণে 49 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবীভূত থাকিবে, কিন্তু 1-লিটার আণবিক দ্রবণে 98-গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড থাকিবে। HCl-এর আণবিক গুরুত্ব=36·5 এবং উহার তুল্যাঙ্কও 36·5। HCl-এর 1-লিটার নরম্যাল বা আণবিক দ্রবণে 36·5 গ্রাম HCl দ্রবীভূত থাকিবে। সুতরাং, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের নরম্যাল দ্রবণ এবং আণবিক দ্রবণের মধ্যে কোন পার্থক্য থাকে না।

19-2. ফ্যাক্টর, প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতকরণ

(i) **সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণঃ** সোডিয়াম কার্বনেটের (Na_2CO_3) গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $\frac{106}{2}=53$ গ্রাম। সুতরাং, এক লিটার $\frac{N}{10}$ দ্রবণ প্রস্তুত করিতে 5·3 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট প্রয়োজন। 250 c.c. N/10 দ্রবণ প্রস্তুত করিতে $\frac{53}{10\times4}=1{\cdot}325$ গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট প্রয়োজন। মনে কর, 250 c.c. N/10 দ্রবণ প্রস্তুত করিতে হইবে। রাসায়নিক তৌলদণ্ডের সাহায্যে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ সোডিয়াম কার্বনেটের 1·325 গ্রাম বা উহার কাছাকাছি কোন পরিমাণ যথার্থ ওজন করিয়া 250 c.c. আয়তনবিশিষ্ট একটি ফ্লাস্কে লওয়া হয়। এখন খানিকটা পাতিত জল যোগ করিয়া ফ্লাস্কটিকে উত্তমরূপে ঝাঁকাইয়া সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবীভূত করা হয়। অতঃপর এই দ্রবণে আরও পাতিত জল যোগ করিয়া নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত পূর্ণ করা হয়। এই দ্রবণ আনুমানিক

(approximately) $\frac{N}{10}$ মাত্রার দ্রবণ হইল। যদি মনে করা হয় যে 1·3462 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট লওয়া হইয়াছে তাহা হইলে উক্ত দ্রবণের সঠিক মাত্রা $= \frac{1{\cdot}3462}{1{\cdot}325}\left(\frac{N}{10}\right) = 1{\cdot}016\left(\frac{N}{10}\right)$। এই 1·016-কে উক্ত দ্রবণের ফ্যাক্টর বলা হয়। অতএব ফ্যাক্টর

$$= \frac{\text{দ্রবীভূত পদার্থের পরিমাণ (ওজন)}}{\text{নির্দিষ্টমাত্রার দ্রবণ প্রস্তুত করিতে যে-পরিমাণ (theoretical) ঐ পদার্থ প্রয়োজন}}$$

সুতরাং, উল্লিখিত দ্রবণের সঠিক মাত্রা $= 1{\cdot}016\frac{N}{10}$।

(ii) **সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ ঃ** সালফিউরিক অ্যাসিড জলাকর্ষী তরল এবং কখনও বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না। তাই তৌলদণ্ডের সাহায্যে সালফিউরিক অ্যাসিড ওজন করিয়া লইলেও উহাতে কতকটা বিশুদ্ধ অ্যাসিড আছে তাহা জানা থাকে না। সালফিউরিক অ্যাসিডের ঘনত্ব হইতে ইহার প্রয়োজনীয় আয়তন নির্ধারণ করা হয় এবং পরে ঐ আয়তনের সালফিউরিক অ্যাসিডকে নির্দিষ্ট পরিমাণ জলে দ্রবীভূত করা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার = 49। সুতরাং 1000 c. c. $\frac{N}{10}$ সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ তৈরী করিতে 4·9 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড লাগিবে। যে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সাধারণতঃ পাওয়া যায়, মনে কর, উহার বিশুদ্ধতা 97%, অর্থাৎ 97 গ্রাম বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড থাকে 100 গ্রাম অ্যাসিডে। সুতরাং 4·9 গ্রাম বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড থাকে $\frac{100}{97} \times 4{\cdot}9$ গ্রাম বা 5·051 গ্রাম সাধারণ অ্যাসিডে। এখন মনে কর, এই 97% বিশুদ্ধ অ্যাসিডের ঘনত্ব = 1·84।

কিন্তু, আমরা জানি $M = V \times D$ অর্থাৎ, ভর = আয়তন × ঘনত্ব।

সুতরাং, $V = \frac{M}{D} = \frac{5{\cdot}051}{1{\cdot}84} = 2{\cdot}74$ c. c.। অর্থাৎ 4·9 গ্রাম বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড থাকে 2·74 c.c. সালফিউরিক অ্যাসিডে।

এখন 2·74 c.c অপেক্ষা সামান্য বেশী (2·8 c.c.) সালফিউরিক অ্যাসিড অংশাঙ্কিত সিলিণ্ডারের সাহায্যে মাপিয়া আংশিক জলপূর্ণ বড় বীকারে আস্তে

আস্তে ঢালা হয় এবং প্রয়োজনবোধে বীকারটিকে শীতল জলের সাহায্যে শীতল করা হয়। অতঃপর এই অ্যাসিড দ্রবণকে এক লিটার আয়তনবিশিষ্ট একটি ফ্লাস্কে লওয়া হয় এবং ইহার মধ্যে জল ঢালিয়া 1000 c.c. চিহ্ন পর্যন্ত ফ্লাস্কটি পূর্ণ করা হয়। এই দ্রবণটি আনুমানিক $\frac{N}{10}$ সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ হইল।

এই প্রকারে HNO_3 বা HCl-এর আনুমানিক মাত্রার দ্রবণ তৈরী করা যাইতে পারে।

আনুমানিক মাত্রার অ্যাসিড দ্রবণের সঠিক মাত্রা জানিতে হইলে Na_2CO_3-এর প্রমাণ দ্রবণের সহিত আনুমানিক মাত্রার সালফিউরিক অ্যাসিড প্রশমিত করিয়া কত c. c. অ্যাসিড কত c.c. Na_2CO_3 দ্রবণকে প্রশমিত করে তাহা নির্ণয় করা হয়। পিপেটের সাহায্যে Na_2CO_3-এর 10 c.c. প্রমাণ দ্রবণ একটি পর্সেলীনের খর্পরে লইয়া উহার সহিত দুই তিন ফোঁটা মিথাইল অরেঞ্জ মিশ্রিত করা হয়। ইহাতে দ্রবন হলুদ বর্ণ ধারণ করে। এখন এই দ্রবণকে সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে যথারীতি টাইট্রেট করা হয় যতক্ষণ না দ্রবণের বর্ণ লাল হয়। এইভাবে দুই তিন বার পরীক্ষা চালান হয় এবং প্রত্যেকবারই বুরেটের লিখন হইতে কতটা সালফিউরিক অ্যাসিড লাগিয়াছে তাহা জানিয়া লওয়া হয়। প্রাপ্ত আয়তনের "Mean" আয়তন নির্ণীত আয়তন হিসাবে গ্রহণ করা হয় এবং নিম্নলিখিত উপায়ে সালফিউরিক অ্যাসিডের সঠিক মাত্রা গণনা করা হয়।

মনে কর, $10 \text{ c.c. } \frac{N}{10} Na_2CO_3 \equiv 9{\cdot}4 \text{ c.c. } x(N) H_2SO_4.$

$\therefore$ সালফিউরিক অ্যাসিডের সঠিক মাত্রা বা শক্তি $x = \frac{10 \times 0{\cdot}1}{9{\cdot}4}(N)$

$= 0{\cdot}106\ (N)$।

19-3. অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি সম্বন্ধীয় জ্ঞাতব্য কয়েকটি অত্যাবশ্যক বিষয় :

(A) দ্রবণের শক্তি (strength) প্রকাশ করিবার বিভিন্ন রীতি :—

(i) শতাংশিক মাত্রা (Percentage strength)—5% NaOH দ্রবণের অর্থ 5 গ্রাম NaOH, 100 c.c. দ্রবণে বিদ্যমান, সেইরূপ 20% HNO_3 দ্রবণের অর্থ 20 গ্রাম HNO_3 100 c.c. দ্রবণে বর্তমান।

(ii) নরম্যাল মাত্রায় শক্তি (Strength in terms of normality) —ইহার দ্বারা কত গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্রাব 1-লিটার দ্রবণে বর্তমান তাহা প্রকাশ করা হয়। যথা, (N)HCl বুঝাইবে—1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক HCl 1-লিটার দ্রবণে বর্তমান ; 0·1 (N) HCl-এর অর্থ হইল 0·1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক HCl 1-লিটার দ্রবণে বর্তমান।

(iii) লিটার-প্রতি গ্রাম হিসাবে শক্তি (Strength in terms of gms. per litre)—(N)NaOH দ্রবণ বলিলে 1-লিটার NaOH দ্রবণে 40 গ্রাম NaOH বর্তমান আছে বুঝাইবে, $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4 দ্রবণের অর্থ হইল 4·9 গ্রাম H_2SO_4 1-লিটার দ্রবণে বিদ্যমান।

(B) এক মাত্রাকে অন্য মাত্রায় পরিবর্তন (Conversion of one strength into another) :—

(i) শতাংশিক মাত্রাকে নরম্যাল মাত্রায় পরিবর্তন (Percentage strength to normality)—5% NaOH দ্রবণের অর্থ 100 c.c. দ্রবণে 5 গ্রাম NaOH বিদ্যমান। অর্থাৎ 1000 c.c. দ্রবণে $\left(\frac{5\times1000}{100}\right)$ গ্রাম বা 50 গ্রাম NaOH বিদ্যমান। কিন্তু 1000 c.c. দ্রবণে 40 গ্রাম NaOH থাকিলে (N) NaOH দ্রবণ বলা হয়। সুতরাং 1000 c.c. দ্রবণে 50 গ্রাম NaOH থাকিলে $\left(\frac{N\times50}{40}\right)$ NaOH দ্রবণ উৎপন্ন হয়। অতএব 5% NaOH দ্রবণ $=\left(\frac{N\times50}{40}\right)=1{\cdot}25$ (N) NaOH দ্রবণ।

(ii) নরম্যাল মাত্রাকে লিটার-প্রতি গ্রাম হিসাবের ওজনে পরিবর্তন (Normality to gms. per litre)

লিটার-প্রতি গ্রাম হিসাবে ওজন = নরম্যাল মাত্রা × গ্রাম-তুল্যাঙ্ক।

(Gms. per litre = Normality × Gram equivalent)

8 (N) HCl দ্রবণের অর্থ হইল প্রতি 1000 c.c. দ্রবণে $(8\times36{\cdot}5)$ গ্রাম HCl বর্তমান থাকে। সেইরূপে 0·55 $\left(\frac{N}{10}\right)$ NaOH দ্রবণের অর্থ প্রতি 1000 c.c. দ্রবণে $\left(\frac{0{\cdot}55\times40}{10}\right)$ গ্রাম NaOH বর্তমান থাকে।

(iii) লিটার প্রতি গ্রাম হিসাবের ওজনকে নরম্যাল মাত্রায় পরিবর্তন (Gms. per litre to normality)—আমরা জানি লিটার-প্রতি গ্রাম হিসাবে ওজন = নরম্যাল মাত্রা × গ্রাম-তুল্যাঙ্ক।

$$\therefore \text{ নরম্যাল মাত্রা} = \frac{\text{লিটার-প্রতি গ্রাম হিসাবে ওজন}}{\text{গ্রাম-তুল্যাঙ্ক}}$$

(Normality = Gms per litre/Gm. equivalent)।

1000 c. c. NaOH দ্রবণে 10 গ্রাম NaOH বর্তমান থাকার অর্থ হইল $\frac{10}{40}$ (N) বা $\left(\frac{N}{4}\right)$ NaOH দ্রবণ।

সেইরূপে 1000 c.c. H_2SO_4 দ্রবণে **147** গ্রাম H_2SO_4 বর্তমান থাকার অর্থ হইল $\frac{147}{49}$ (N) বা 3 (N) H_2SO_4 দ্রবণ।

(C) অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি সম্পর্কীয় চারিটি মৌলিক নীতি (Four fundamental principles) :

(i) তোমরা জান, যে-কোন নরম্যাল দ্রবণের প্রতি লিটারে 1-গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত থাকে। একটি 5(N) দ্রবণের প্রতি লিটারে গ্রাম-তুল্যাঙ্কের পাঁচগুণ পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত থাকে। সুতরাং, 1 c.c. 5(N) দ্রবণ ≡ 5 c.c. (N) দ্রবণ। অতএব সাধারণভাবে,

Y c.c. x (N) **দ্রবণ** ≡ (Y × x) c.c. (N) **দ্রবণ** লেখা যায়।

উদাহরণস্বরূপ—

$$2 \text{ c.c.} \left(\frac{N}{2}\right) \text{ দ্রবণ} \equiv (2 \times \tfrac{1}{2}) \text{ c.c. (N) দ্রবণ} = 1 \text{ c.c. (N) দ্রবণ।}$$

$$10 \text{ c.c.} \left(\frac{N}{10}\right) \text{ দ্রবণ} \equiv (10 \times \tfrac{1}{10}) \text{ c.c. (N) দ্রবণ} = 1\text{c.c. (N) দ্রবণ।}$$

$$50 \text{ c.c.} \left(\frac{N}{50}\right) \text{ দ্রবণ} \equiv (50 \times \tfrac{1}{50}) \text{c.c. (N) দ্রবণ} = 1\text{c.c. (N) দ্রবণ।}$$

$$\therefore\ 2 \text{ c.c.} \left(\frac{N}{2}\right) \text{ দ্রবণ} \equiv 10 \text{ c.c.} \left(\frac{N}{10}\right) \text{ দ্রবণ} \equiv 50 \text{ c.c.} \left(\frac{N}{50}\right) \text{ দ্রবণ।}$$

(ii) 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ক্ষার এবং **1** গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিড পরস্পরে প্রশমিত হয়। 1000 c.c. (N) অ্যাসিড দ্রবণে **1** গ্র্যাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিড এবং 1000 c.c.

(N) ক্ষার দ্রবণে 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ক্ষার দ্রবীভূত থাকে। সুতরাং, যে-কোন অ্যাসিডের 1000 c.c. (N) দ্রবণ ≡ যে কোন ক্ষারের 1000 c.c. (N) দ্রবণ।

বা, যে-কোন অ্যাসিডের 1 c.c. (N) দ্রবণ প্রশমিত করিতে যে-কোন নরম্যাল ক্ষার দ্রবণের 1 c. c.-র প্রয়োজন।

বা, যে-কোন অ্যাসিডের V c.c. (N) দ্রবণ ≡ যে-কোন ক্ষারের V c.c. (N) দ্রবণ।

সুতরাং, সাধারণভাবে বলা যায় যে নরম্যাল মাত্রায় (in terms of normality) প্রকাশিত **সম-শক্তির অ্যাসিড ও ক্ষার দ্রবণ সম-আয়তনে পরস্পরকে প্রশমিত করে।**

(iii) সংজ্ঞা অনুসারে তোমরা জান—

$$\text{নরম্যালিটি বা নরম্যাল মাত্রা} = \frac{\text{লিটার-প্রতি গ্রাম হিসাবে ওজন}}{\text{গ্রাম-তুল্যাঙ্ক}}$$

$$= \frac{\text{গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা}}{\text{লিটারের সংখ্যা}}$$

সুতরাং, গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা = নরম্যালিটি × লিটারের সংখ্যা। এখন দুইটি দ্রবণ যদি পরস্পরে সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করে তাহা হইলে দ্রবণ দুইটিতে দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা সমান হইতেই হইবে।

অতএব, প্রথম দ্রবণের নরম্যালিটি × লিটার সংখ্যা = দ্বিতীয় দ্রবণের নরম্যালিটি × লিটার সংখ্যা। সুতরাং, দেখিতে পাইতেছ যে দুইটি দ্রবণ যদি পরস্পরের তুল্য হয়, তবে একটি দ্রবণের শক্তি (বা মাত্রা) এবং আয়তনের গুণফল অপর দ্রবণটির শক্তি (বা মাত্রা) এবং আয়তনের গুণফলের সমান হইবে। মনে কর, প্রথম দ্রবণের শক্তি (বা মাত্রা) এবং আয়তন যথাক্রমে S_1 ও V_1 এবং দ্বিতীয় দ্রবণের শক্তি (বা মাত্রা) ও আয়তন যথাক্রমে S_2 ও V_2।

$$\text{অতএব, } S_1 V_1 = S_2 V_2$$

(iv) দ্রবণের মাত্রা হ্রাসকরণ (Reduction of strength of a solution):

মনে কর, 25 c.c. (N) অ্যাসিড ≡ 20 c.c. অজ্ঞাত মাত্রার ক্ষার দ্রবণ।

সুতরাং, ক্ষার দ্রবণের মাত্রা অ্যাসিড অপেক্ষা বেশী। এই ক্ষার দ্রবণকে নরম্যাল মাত্রায় পরিণত করিতে হইলে প্রতি 20 c.c. ক্ষার দ্রবণে (25 − 20) c.c. বা 5 c.c. জল মিশাইতে হইবে।

মনে কর, 50 c.c. 2·5 (N) দ্রবণকে নরম্যাল মাত্রার দ্রবণে পরিণত করিতে হইবে। 50 c.c. 2·5 (N) দ্রবণ ≡ (50 × 2·5) c.c. (N) দ্রবণ
= 125 c.c. (N) দ্রবণ।

সুতরাং, দ্রবণটিকে নরম্যাল মাত্রার দ্রবণে পরিণত করিতে হইলে প্রতি 50 c.c. দ্রবণে (125 − 50) c.c. বা 75 c.c. জল মিশাইতে হইবে।

উদাহরণমালা

1. Calculate the weights of solute dissolved in each of the following standard solutions [নিম্নলিখিত প্রমাণ দ্রবণগুলির প্রত্যেকটিতে কি পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত আছে তাহা নির্ণয় কর।] :—

(*a*) 2000 c.c. of $\left(\frac{N}{10}\right)$HCl ; (*b*) 4000 c.c. of $1·25\left(\frac{N}{20}\right)$ NaOH

(*a*) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গ্র্যাম-তুল্যাঙ্ক = 36·5 গ্রাম।

1000 c.c. (N) HCl-দ্রবণে HCl-এর পরিমাণ = 36·5 গ্রাম।

1000 c.c. $\frac{N}{10}$ HCl-দ্রবণে „ $= \frac{36·5}{10}$ „

2000 c.c. $\frac{N}{10}$ HCl-দ্রবণে „ $= \frac{36·5}{10} \times \frac{2000}{1000}$ গ্রাম

= 7·3 গ্রাম।

(*b*) কষ্টিক সোডার গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 40 গ্রাম।

1000 c.c. (N) কষ্টিক সোডা দ্রবণে NaOH-এর পরিমাণ = 40 গ্রাম।

1000 c.c. $1·25\,\frac{N}{20}$ কষ্টিক সোডা দ্রবণে „ $= 40 \times 1·25 \times \frac{1}{20}$ গ্রাম।

4000 c.c. $1·25\left(\frac{N}{20}\right)$ কষ্টিক সোডা দ্রবণে NaOH-এর পরিমাণ

$= \frac{40 \times 1·25 \times 4000}{20 \times 1000}$ বা, 10 গ্রাম।

অথবা, 4000 c.c. $1\text{·}25\left(\frac{N}{20}\right)$ NaOH দ্রবণ $=\left(4000\times1\text{·}25\times\frac{1}{20}\right)$ c.c.

(N) NaOH দ্রবণ = 250 c.c. (N) NaOH-দ্রবণ।

1000 c.c. (N) NaOH-দ্রবণে NaOH-এর পরিমাণ = 40 গ্রাম।

250 " " " $=\frac{40}{1000}\times250$ গ্রাম

= 10 গ্রাম।

2. Express in terms of normality the strength of each of the following solutions [নিম্নলিখিত দ্রবণগুলির প্রত্যেকটির শক্তি নরম্যাল মাত্রায় প্রকাশ কর।] :—

(*a*) 2·5% NaOH solution, (*b*) 10·6 gms. of Na_2CO_3 per 100 c.c. of the solution, (*c*) Sulphuric acid solution containing 0·049 gm. of the acid per litre and (*d*) 200 c.c. solution containing 2·1 g. of $NaHCO_3$.

(*a*) 100 c.c. দ্রবণে NaOH আছে 2·5 গ্রাম।

1000 c.c. " " $\frac{2\text{·}5\times1000}{100}$ গ্রাম বা, 25 গ্রাম।

কষ্টিক সোডার গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 40 গ্রাম।

∴ 1000 c.c. দ্রবণে 40 গ্রাম NaOH থাকিলে দ্রবণের মাত্রা হইবে N

1000 c.c. দ্রবণে 25 গ্রাম NaOH থাকিলে দ্রবণের মাত্রা হইবে

$\frac{N}{40}\times25$ বা 0·625 (N)।

(*b*) 100 c.c. দ্রবণে 10·6 গ্রাম Na_2CO_3 বর্তমান।

1000 c.c. দ্রবণে (10·6 × 10) গ্রাম "

সোডিয়াম কার্বনেটের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 53 গ্রাম।

1000 c.c. দ্রবণে 53 গ্রাম Na_2CO_3 থাকিলে, দ্রবণের মাত্রা = N

" 106 " " $\frac{N\times106}{53}$ বা 2N।

(*c*) 1000 c.c. দ্রবণে 0·049 গ্রাম H_2SO_4 বর্তমান।

কিন্তু সালফিউরিক অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 49 গ্রাম।

∴ 49 গ্রাম H_2SO_4 1000 c.c. দ্রবণে থাকিলে, দ্রবণের মাত্রা = N

0·049 " " $\frac{N\times0\text{·}049}{49}=0\text{·}001$(N)।

(d) 200 c.c. দ্রবণে 2·1 গ্রাম $NaHCO_3$ বর্তমান।

1000 c.c. " $\frac{2·1}{200} \times 1000$ গ্রাম বা 10·5 গ্রাম $NaHCO_3$ বর্তমান।

সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 84 গ্রাম।

84 গ্রাম সোডিয়াম বাই-কার্বনেট 1000 c.c. দ্রবণে থাকিলে, দ্রবণের মাত্রা = N

10·5 গ্রাম " $\frac{N}{84} \times 10·5$

বা, 0·125 (N)।

[N. B. লক্ষ্য কর, প্রতিক্ষেত্রে লিটার-প্রতি গ্রাম হিসাবে ওজনকে গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্বারা ভাগ করা হইয়াছে।]

3. **Find the volume of normal solution, which will contain 2·45 gms. of H_2SO_4.** [2·45 গ্রাম H_2SO_4 উহার নরম্যাল দ্রবণের কত আয়তনে বর্তমান তাহা নির্ণয় কর।]ঃ

সালফিউরিক অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 49 গ্রাম।

49 গ্রাম H_2SO_4 থাকে (N) দ্রবণের 1000 c.c. আয়তনে।

2·45 " " $\frac{1000}{49} \times 2·45$ c.c. বা 50 c.c. আয়তনে।

4. **Convert the following from normality to grams per litre.** [নরম্যাল মাত্রাকে লিটার-প্রতি গ্রাম হিসাবের ওজনে পরিবর্তন কর।]ঃ—

(a) 0·5 (N) Na_2CO_3 solution, (b) 1·22 $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4 solution.

(a) Na_2CO_3-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 53 গ্রাম।

∴ প্রদত্ত দ্রবণের 1-লিটারে (0·5 × 53) গ্রাম বা 26·5 গ্রাম Na_2CO_3 আছে।

(b) সালফিউরিক অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 49 গ্রাম।

প্রদত্ত দ্রবণের 1-লিটারে $49 \times 1·22 \times \frac{1}{10}$ গ্রাম বা 5·978 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড আছে।

[N. B. লক্ষ্য কর, লিটার-প্রতি গ্রাম হিসাবে ওজন = নরম্যাল মাত্রা × গ্রাম-তুল্যাঙ্ক।]

5. Express the following in percentage strength [শতাংশিক মাত্রায় প্রকাশ কর] :—

(*a*) 1·25 (N) NaOH, (*b*) $0{\cdot}5\left(\frac{N}{10}\right)Na_2CO_3$.

(*a*) প্রতি 1000 c.c. দ্রবণে 40 × 1·25 গ্রাম NaOH বর্তমান।

∴ 100 c.c. „ $\frac{40\times1{\cdot}25}{10}$ গ্রাম বা 5 গ্রাম NaOH বর্তমান।

∴ নির্ণেয় উত্তর = 5%।

(*b*) প্রতি 1000 c.c. দ্রবণে $\frac{53\times0{\cdot}5}{10}$ গ্রাম Na_2CO_3 বর্তমান।

∴ 100 c.c. „ $\frac{53\times0{\cdot}5}{10\times10}$ গ্রাম বা 0·265 গ্রাম Na_2CO_3 বর্তমান। ∴ নির্ণেয় উত্তর = 0·265%।

6. How many c.c. of $\left(\frac{N}{5}\right)H_2SO_4$ solution will be required to neutralise 140 c.c. of $\left(\frac{N}{20}\right)$NaOH solution? [$\left(\frac{N}{20}\right)$NaOH দ্রবণের 140 c.c.কে প্রশমিত করিতে কত c.c. $\left(\frac{N}{5}\right)H_2SO_4$ দ্রবণের প্রয়োজন?]

140 c.c. $\left(\frac{N}{20}\right)$ NaOH দ্রবণ = $\left(140\times\frac{1}{20}\right)$ c.c. বা, 7 c.c. (N) NaOH দ্রবণ। 7 c.c. (N) NaOH দ্রবণ ≡ 7 c.c. (N) H_2SO_4 দ্রবণ

= 7 × 5 c.c. $\left(\frac{N}{5}\right)H_2SO_4$ দ্রবণ

= 35 c.c. $\left(\frac{N}{5}\right)H_2SO_4$ দ্রবণ।

7. 50 c.c. $\left(\frac{N}{10}\right)$HCl require 40 c.c. of a solution of NaOH for complete neutralisation. Calculate the strength of NaOH solution in gms. per litre and in terms of normality. [50 c.c. $\frac{N}{10}$ HCl দ্রবণ সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে 40 c.c. NaOH দ্রবণ প্রয়োজন। কষ্টিক সোডা দ্রবণের মাত্রা লিটার-প্রতি গ্রাম হিসাবে এবং নরম্যাল মাত্রায় নির্ণয় কর।]

50 c.c. $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl $=\left(50\times\frac{1}{10}\right)$ c.c. বা 5 c.c. (N) HCl

কিন্তু প্রশ্নানুসারে 5 c.c. (N) HCl $\equiv$ 40 c.c. x (N) NaOH (যেখানে x = নির্ণেয় মাত্রা ।) বা, $x=\frac{5}{40}N=0{\cdot}125$ (N)

লিটার-প্রতি গ্রাম হিসাবে ওজন = নরম্যালিটি × তুল্যাঙ্কভার ।

$=0{\cdot}125\times 40=5$ গ্রাম ।

8. What weight of Na_2CO_3 will be necessary to neutralise 50 c.c. of (N) H_2SO_4? [50 c.c. (N) H_2SO_4 অ্যাসিড প্রশমিত করিবার জন্য কতটা Na_2CO_3 প্রয়োজন ?] [I. Sc. '13]

50 c.c. (N) $H_2SO_4 \equiv$ 50 c.c. (N) Na_2CO_3.

কিন্তু 1000 c.c. (N) Na_2CO_3 দ্রবণে থাকে 53 গ্রাম Na_2CO_3

∴ 50 c.c. (N) Na_2CO_3 ... ...2·65 গ্রাম Na_2CO_3.

9. What volume of 10% Na_2CO_3 solution will be required to neutralise one litre of sulphuric acid solution containing 4·9 gms. of pure acid ? [4·9 গ্রাম বিশুদ্ধ H_2SO_4 দ্বারা তৈরী এক লিটার অ্যাসিড দ্রবণকে প্রশমিত করিতে 10% Na_2CO_3 দ্রবণের কত আয়তন প্রয়োজন হইবে ?] [Cal. 1913]

এক লিটার দ্রবণে 4·9 গ্রাম অর্থাৎ $\frac{49}{10}$ গ্রাম H_2SO_4 পাওয়া যায় ।

সুতরাং H_2SO_4-এর মাত্রা $=\left(\frac{N}{10}\right)$ ।

$\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4 সম-আয়তনের $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 প্রশমিত করে ।

কিন্তু $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণে Na_2CO_3 থাকে 5·3 গ্রাম ।

আবার, প্রশ্নানুসারে, 10 গ্রাম Na_2CO_3 আছে 100 c.c. দ্রবণে ।

∴ 5·3 গ্রাম ... ...$\frac{100}{10}\times 5{\cdot}3$ c.c.

$=53$ c.c. দ্রবণে ।

অতএব, 53 c.c. Na_2CO_3 দ্রবণের প্রয়োজন ।

10. Calculate the volume of decinormal sulphuric acid required to neutralise 500 c.c. of a solution containing 2·5 gms. of caustic soda per litre. Given that the at. wt. of Na = 23. [কষ্টিক সোডার 1 লিটার দ্রবণে 2·5 গ্রাম NaOH আছে। এই দ্রবণের 500 c.c. প্রশমিত করিবার জন্য ডেসিনরম্যাল H_2SO_4 দ্রবণ কত c.c. প্রয়োজন তাহা নির্ণয় কর।] [H. S. '60]

কষ্টিক সোডার গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 40 গ্রাম।

সুতরাং, প্রদত্ত কষ্টিক সোডা দ্রবণের মাত্রা $= \frac{2·5}{40}$ N = 0·0625 (N)

মনে কর, এই কষ্টিক সোডার 500 c. c. দ্রবণ প্রশমিত করিতে V c.c. ডেসিনরম্যাল সালফিউরিক অ্যাসিড প্রয়োজন।

$$V \text{ c. c. } \left(\frac{N}{10}\right) H_2SO_4 \equiv 500 \text{ c.c. } 0·0625 \text{ (N) NaOH}$$

$$\therefore \quad V \times \frac{N}{10} = 500 \times 0.0625 \text{ (N)}$$

বা, $V = 500 \times 0·0625 \times 10 = 312·5$

∴ নির্ণেয় আয়তন = 312·5 c.c.।

11. 1·08 g of NH_4Cl was boiled with 62 c.c. of $\left(\frac{N}{2}\right)$NaOH till free from ammonia. 44 c.c. of $\left(\frac{N}{4}\right)$ HCl were required for neutralising the excess of alkali in the mixture. Calculate the percentage of ammonia in the salt. [1·08 গ্র্যাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড 62 c. c. $\left(\frac{N}{2}\right)$ NaOH-এর সহিত উত্তপ্ত করা হইল যে-পর্যন্ত-না দ্রবণটি অ্যামোনিয়া মুক্ত হয়। মিশ্রণটিতে যে অতিরিক্ত ক্ষার থাকে তাহা প্রশমিত করিবার জন্য 44 c. c. $\left(\frac{N}{4}\right)$ HCl প্রয়োজন হয়। প্রদত্ত লবণের মধ্যে কত শতাংশ অ্যামোনিয়া বর্তমান তাহা নির্ণয় কর।] [I. Sc. '35]

62 c. c. $\left(\frac{N}{2}\right)$ NaOH দ্রবণ = 31 c.c. (N) NaOH দ্রবণ।

অতিরিক্ত ক্ষার = 44 c. c.$\left(\frac{N}{4}\right)$ HCl = 11 c. c. (N) HCl

≡ 11 c. c. (N) NaOH দ্রবণ।

সুতরাং, অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করিবার জন্য ব্যয়িত ক্ষার

$=(31-11)$ c.c. $=20$ c. c. (N) NaOH দ্রবণ।

20 c.c. (N) NaOH $\equiv$ 20 c.c. (N) $NH_3 = (20 \times 0{\cdot}017)$ গ্রাম NH_3

এখন 1·08 গ্রাম NH_4Cl হইতে উৎপন্ন হয় $(20 \times 0{\cdot}017)$ গ্রাম NH_3।

∴ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে অ্যামোনিয়ার শতকরা পরিমাণ

$$=\frac{20 \times 0{\cdot}017}{1{\cdot}08} \times 100 = 31{\cdot}48 \text{ ।}$$

12 25 c.c. of a 0·08 (N) sodium hydroxide get mixed with 20 c.c. of a 0·09 (N) sodium carbonate solution. Calculate the strength of the resulting solution in normality.

50 c c. of a sulphuric acid solution can neutralise 30 c. c. of the above mixture. What is the normality of the given sulphuric acid solution ? [0·08 (N) মাত্রাবিশিষ্ট কষ্টিক সোডা দ্রবণের 25 c.c. যদি 0·09 (N) মাত্রাবিশিষ্ট সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের 20 c. c.-এর সহিত মিশ্রিত হয়, তাহা হইলে উৎপন্ন মিশ্রণের শক্তি নরম্যাল মাত্রায় নির্ণয় কর।

উপরিউক্ত মিশ্রণের (দ্রবণের) 30 c.c. প্রশমিত করিতে কোন সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের 50 c.c. প্রয়োজন হইলে প্রদত্ত সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের নরম্যাল মাত্রা কত ?]

25 c.c. 0·08 (N) কষ্টিক সোডা দ্রবণ

$=(25 \times 0{\cdot}08)$ c.c. (N) কষ্টিক সোডা দ্রবণ $=2$ c.c. (N) কষ্টিক সোডা দ্রবণ।

20 c.c. 0·09 (N) সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ $=(20 \times 0{\cdot}09)$ c.c. (N) সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ $=1{\cdot}8$ c.c. (N) সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ।

যদি মনে কর উৎপন্ন মিশ্রণের শক্তি $=x$ (N) এবং মিশ্রণের ফলে দ্রবণের আয়তনের কোন পরিবর্তন না ঘটে তাহা হইলে মিশ্র দ্রবণের মোট আয়তন $=25+20=45$ c.c. এবং $45 \times x(N) = (2+1{\cdot}8)$ N।

∴ $x=\frac{3{\cdot}8}{45}=0{\cdot}0844$ । ∴ মিশ্রিত দ্রবণের মাত্রা $=0{\cdot}0844$ (N)।

আবার প্রশ্নানুসারে, 0·0844 (N) মিশ্রিত দ্রবণের 30 c.c.

$\equiv$ 50 c.c. অজ্ঞাত মাত্রার H_2SO_4 দ্রবণ।

∴ অজ্ঞাত মাত্রা $=\frac{30 \times 0{\cdot}0844}{50}(N) = 0{\cdot}05064$ (N)।

13. 20 c.c. of a solution of H_2SO_4 neutralise 21·2 c.c. of a 3% Na_2CO_3 solution. How much water is to be added in order to make the acid solution decinormal? [20 c.c. H_2SO_4 দ্রবণ 3% Na_2CO_3 দ্রবণের 21·2 c.c. প্রশমিত করে। অ্যাসিডের মাত্রাকে দশমাংশিক নরম্যাল মাত্রায় পরিণত করিতে কতটা জল মিশ্রিত করিতে হইবে ?]

3% Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা $=\frac{3}{5{\cdot}3}(N)=\frac{30}{5{\cdot}3}\left(\frac{N}{10}\right)$

20 c.c. $H_2SO_4 \equiv 21{\cdot}2$ c.c. $\frac{30}{5{\cdot}3}\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণ

$=\frac{21{\cdot}2\times30}{5{\cdot}3}$ c.c. $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণ

$=120$ c.c. $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণ

সুতরাং, H_2SO_4 দ্রবণকে $\left(\frac{N}{10}\right)$ মাত্রার দ্রবণে পরিণত করিবার জন্য $(120-20)=100$ c.c. জল প্রতি 20 c.c. অ্যাসিড দ্রবণে অথবা 5 c.c. জল প্রতি 1 c.c. অ্যাসিড দ্রবণে মিশ্রিত করিতে হইবে।

14. 60 c.c. $\frac{N}{20}$ HCl, 50 c.c. $\frac{N}{5}$ H_2SO_4 and 14 c.c. $\frac{N}{2}$ HNO_3 are mixed together. Calculate the normality of the resulting mixture. [60 c.c. $\frac{N}{20}$ HCl, 50 c.c. $\frac{N}{5}$ H_2SO_4 এবং 14 c.c. $\frac{N}{2}$ HNO_3 মিশ্রিত করা হইল। উৎপন্ন মিশ্রণটির নরম্যাল মাত্রা নির্ণয় কর।]

60 c.c. $\frac{N}{20}$ HCl $=(60\times\frac{1}{20})$ c.c. বা 3 c.c. (N) HCl ;

50 c.c. $\frac{N}{5}$ $H_2SO_4=(50\times\frac{1}{5})$ c.c. বা 10 c.c. (N) H_2SO_4 ;

14 c.c. $\frac{N}{2}$ $HNO_3=(14\times\frac{1}{2})$ c.c. বা 7 c.c. (N) HNO_3।

∴ উৎপন্ন অ্যাসিড মিশ্রণ $=(3+10+7)$ c.c. বা 20 c.c. (N) অ্যাসিড দ্রবণ। মিশ্রণের ফলে আয়তনের কোনরূপ পরিবর্তন না ঘটিলে, মিশ্রিত দ্রবণের মোট আয়তন $=(60+50+14)$c.c. বা 124c.c.। এই দ্রবণের মাত্রা যদি x(N) হয়, তাহা হইলে 124 c.c. x(N) অ্যাসিড দ্রবণ ≡ 20 c.c. (N) অ্যাসিড দ্রবণ

বা $x=\frac{20}{124}N=0.16129$ (N)

15. You are supplied with two acid solutions of strength 0·2N and 0·3N respectively. In what proportion by volume should you mix the two so that the strength of the resulting mixture becomes 0·24N ? [0·2N এবং 0·3N মাত্রার দুইটি অ্যাসিড দ্রবণ দেওয়া আছে। এই অ্যাসিড দ্রবণ দুইটি উহাদের আয়তনের কি অনুপাতে মিশ্রিত করিলে উৎপন্ন মিশ্রণের মাত্রা 0·24N হইবে ?]

মনে কর, প্রথম দ্রবণের x c.c. দ্বিতীয় দ্রবণের y c.c.-র সহিত মিশ্রিত করিলে উৎপন্ন মিশ্রণের মাত্রা 0·24N হয়। মিশ্রণের ফলে যদি আয়তনের কোনরূপ পরিবর্তন না ঘটে তাহা হইলে উৎপন্ন মিশ্রণের আয়তন $=(x+y)$ c.c.

এখন x c.c. 0·2N দ্রবণ $=(0·2\times x)$ c.c. (N) দ্রবণ

আবার, y c.c. 0·3N দ্রবণ $=(0·3\times y)$ c.c. (N) দ্রবণ।

মোট অ্যাসিড দ্রবণ $=(0·2x+0·3y)$ c.c. (N) দ্রবণ।

সুতরাং, প্রশ্নানুসারে $(0·2x+0·3y)$ c.c. (N) দ্রবণ $=(x+y)$ c.c. 0·24(N) দ্রবণ

বা, $(0·2x+0·3y)$ c.c. (N) দ্রবণ $=\{0·24(x+y)\}$ c.c. (N) দ্রবণ

বা, $0·2x+0·3y=0·24x+0·24y$

বা, $0·3y-0·24y=0·24x-0·2x$

বা, $0·06y=0·04x \quad \therefore \quad \frac{x}{y}=\frac{0·06}{0·04}=\frac{3}{2}$

অতএব, প্রথম ও দ্বিতীয় অ্যাসিড উহাদের আয়তনের 3 : 2 অনুপাতে মিশ্রিত করিতে হইবে।

অনুশীলনী

1. নিম্নলিখিত প্রমাণ দ্রবণগুলির প্রত্যেকটিতে কি পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত আছে তাহা নির্ণয় কর :—

(a) 200 c.c. $\frac{N}{10}$ HCl, (b) 400 c.c. $\frac{N}{20}$ NaOH, (c) 450 c.c. 0·25 (N) Na_2CO_3.

[উঃ (a) 0·73 গ্রাম, (b) 0·8 গ্রাম, (c) 5·9625 গ্রাম]

2. নিম্নলিখিত দ্রবণগুলির প্রত্যেকটির শক্তি নর্ম্যাল মাত্রায় প্রকাশ কর :

(a) 4% NaOH-দ্রবণ, (b) সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের c.c. প্রতি 0·00245 গ্রাম H_2SO_4 আছে।

[উঃ (a) 1(N), (b) 0·05(N)]

3. (a) 2·65 g. Na_2CO_3. (b) 0·0365 g. HCl এবং (c) 2·1 g. $NaHCO_3$—উহাদের ডেসিনরম্যাল দ্রবণের কত আয়তনে বর্তমান তাহা নির্ণয় কর।

[উঃ (a) 500 c.c., (b) 10 c.c. (c) 250 c.c.]

4. 2% হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড কি 2% সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণকে সম-আয়তনে প্রশমিত করিতে পারে ? তোমার উত্তরের সমর্থনে যুক্তি দাও।

Hints : দ্রবণ দুইটির নরম্যালিটি যথাক্রমে $\frac{20}{36\cdot5}$ N এবং $\frac{20}{53}$ N

[কারণ, নরম্যাল মাত্রা = $\frac{\text{লিটার-প্রতি গ্রাম হিসাবে ওজন}}{\text{গ্রাম-তুল্যাঙ্ক}}$]

দ্রবণ দুইটির নরম্যালিটি সমান নহে। অতএব, উহারা পরস্পরকে সম-আয়তনে প্রশমিত করিবে না।

5. সম-পরিমাণ-কষ্টিক সোডা এবং কষ্টিক পটাস সম-আয়তন জলে পৃথক্ পৃথক্ দ্রবীভূত করা হইল। এই দ্রবণ দুইটির মধ্যে কোন্‌টি অধিকতর পরিমাণ অ্যাসিড প্রশমিত করিবে ?

Hints : কষ্টিক সোডার তুল্যাঙ্কভার = 40, কষ্টিক পটাসের তুল্যাঙ্কভার = 56
সুতরাং, কষ্টিক সোডা অধিক পরিমাণ অ্যাসিড প্রশমিত করিবে।

6. 100 c.c. $\frac{N}{10}$ কষ্টিক সোডা দ্রবণ প্রশমিত করিতে কত আয়তন $\frac{N}{2}$ H_2SO_4 প্রয়োজন ?

[উঃ 20 c.c.]

7. 40 c.c. $\frac{N}{5}H_2SO_4$ প্রশমিত করিতে 10 c.c. NaOH দ্রবণ প্রয়োজন। কষ্টিক সোডা দ্রবণের নরম্যালিটি এবং লিটার-প্রতি কত গ্রাম NaOH বর্তমান তাহা নির্ণয় কর।

[উঃ 0·8(N), 32 গ্রাম]

8. কষ্টিক সোডার 1-লিটার দ্রবণে 4 গ্রাম NaOH বর্তমান। এই দ্রবণের 200 c.c. প্রশমিত করিতে নরম্যাল সালফিউরিক অ্যাসিড-দ্রবণের কত আয়তন প্রয়োজন ? [উঃ 20 c.c.]

9. 0·25 গ্রাম বিশুদ্ধ $CaCO_3$-কে, প্রশমিত করিতে 47 c.c. লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের প্রয়োজন। অ্যাসিডের শক্তি নরম্যাল মাত্রায় স্থির কর। [উঃ 0·125 (N)]

10. 26·5 c.c. 3% Na_2CO_3 দ্রবণ 20 c.c. সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে পারে। এই সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের সহিত কতটা জল মিশ্রিত করিলে সালফিউরিক অ্যাসিডের মাত্রা $\frac{N}{10}$ হইবে ?

[উ; প্রতি 2 c. c. অ্যাসিডে 13 c.c. জল দিতে হইবে]

11. 500 c.c. 0·15 $\frac{N}{10}$ HCl, 122 c.c. $\frac{N}{2}$ HNO_3 এবং 75 c.c. $\frac{N}{5}H_2SO_4$ মিশ্রিত করা হইল। মিশ্রিত অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা কত ? [উঃ 0·1197 (N)]

12. 20 c.c. 5% NaOH দ্রবণ 20 c.c. 5% সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের সহিত মিশ্রিত করা হইল। উৎপন্ন মিশ্রণটি প্রশম বা নিরপেক্ষ (neutral) না হইলে, উহার শক্তি নরম্যাল মাত্রায় স্থির কর। [উঃ ক্ষারীয় মিশ্রণ, 0·09(N)]

13. 0·2(N) এবং 0·3(N) মাত্রার অ্যাসিড দুইটি উহাদের আয়তনের কি অনুপাতে মিশ্রিত করিলে উৎপন্ন মিশ্রণের মাত্রা 0·25 (N) হইবে ? [উঃ 1 : 1]

14. 1-গ্রাম ধাতু জলে দ্রবীভূত করিলে যে পরিমাণ ক্ষার উৎপন্ন হয় তাহা প্রশমিত করিতে 50 c.c. (N) HCl প্রয়োজন। ধাতুটির তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর। [উঃ 20]

15. 10 গ্রাম 80% বিশুদ্ধ কষ্টিক সোডা জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 200 c.c. করা হইল। এই দ্রবণে 200 c.c. 0·5 (N) H_2SO_4 মিশ্রিত করিয়া উহাতে এরূপ পরিমাণ জল ঢালা হইল যাহাতে দ্রবণের আয়তন এক লিটার হয়। দ্রবণটির শক্তি নরম্যাল মাত্রায় স্থির কর। [উঃ 0·1(N)]

16. 25 c.c. সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ 22·5 c.c. 4% Na_2CO_3 দ্রবণকে প্রশমিত করিতে পারে। অ্যাসিডের সহিত কি অনুপাতে জল মিশাইলে উহার মাত্রা $\frac{N}{10}$ হইবে ?

[উঃ প্রতি লিটার অ্যাসিড দ্রবণে 5·79 লিটার জল মিশাইতে হইবে।]

17. 100 c.c. $\frac{N}{2}$ সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় কোন ধাতুর 0·21 গ্রাম সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হয়। উৎপন্ন দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে হইলে 32·5 c.c. (N) NaOH-এর প্রয়োজন হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কতার কত ? [উঃ 12]

Hints : 100 c.c. $\frac{N}{2}$ H_2SO_4 = 50 c.c. (N) H_2SO_4

32·5 c.c. (N) NaOH = 32·5 c.c. (N) H_2SO_4

∴ 0·21 গ্রাম ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করে (50 − 32·5) c.c, বা 17·5 c.c, (N) H_2SO_4 ; 1000 c.c. (N) H_2SO_4 যে পরিমাণ ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করে তাহা নির্ণয় কর।

বিংশ অধ্যায়

সালফার ও ইহার যৌগ

(Sulphur and its Compounds)

20-1. সালফার (Sulphur)

প্রাপ্তি (Occurrence): মৌলাবস্থায় সিসিলী, জাপান এবং আমেরিকার আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে সালফার পাওয়া যায়। কিন্তু পৃথিবীর চাহিদার প্রায় সমস্তটাই মিটান হয় আমেরিকার সালফার হইতে। ইহা ব্যতীত অনেক ধাতুর সহিত যুক্ত অবস্থায়ও সালফার পাওয়া যায় :

যেমন, (i) সালফাইড হিসাবে, আয়রন ও কপার পাইরাইটজে
(FeS_2 ; Cu_2S, Fe_2S_3)
গ্যালেনা (PbS) ও জিঙ্ক ব্লেণ্ডে (ZnS)

(ii) সালফেট হিসাবে, জিপসামে ($CaSO_4$, $2H_2O$)
কাইসেরাইটে ($MgSO_4$, H_2O)

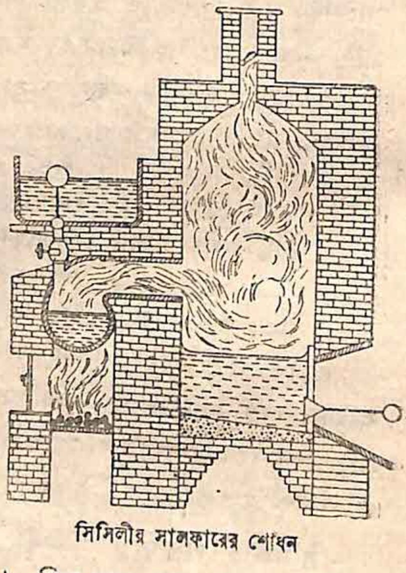
এবং (iii) অন্যান্য খনিজেও পাওয়া যায়।

প্রকৃতিতে মৌলরূপে যে সালফার আছে তাহা হইতে সালফার উৎপাদন করিবার জন্য দুইটি পদ্ধতি প্রচলিত আছে। (i) সিসিলীর পদ্ধতি এবং (ii) আমেরিকান পদ্ধতি বা ফ্র্যাশ-পদ্ধতি। মাটির নীচে অবস্থিত সালফার ফ্র্যাশ-পদ্ধতিতে উত্তোলন করা হয়।

সিসিলীর পদ্ধতি: সিসিলীতে যে প্রাকৃতিক সালফার মৌলাবস্থায় পাওয়া যায় উহার সহিত নানাপ্রকার অপদ্রব্য, যথা—বালি, মাটি, চুনাপাথর ইত্যাদি মিশ্রিত থাকে। বস্তুত: এই সালফারযুক্ত পাথরে সালফারের পরিমাণ মাত্র শতকরা 20-25 ভাগ। পাহাড়ের ঢালু গায়ে ইষ্টক নির্মিত ভাটিতে এই পাথরগুলিকে স্তূপীকৃতভাবে রাখা হয়। ইষ্টকনির্মিত এই ভাটিগুলিকে ক্যালক্যারোণী (calcaroni) বলে। স্তূপের উপরের দিকে আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়। ইহার ফলে সালফারের শতকরা প্রায় 30 ভাগ পুড়িয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং উহা ভাটি হইতে নির্গত হয়। সালফার পুড়িবার সময় যে তাপ উদ্ভূত হয় তাহাতে সালফারের অবশিষ্টাংশ গলিয়া যায় এবং এই গলিত সালফার ভাটির ঢালু মেঝে গড়াইয়া নিম্নে অবস্থিত কাষ্ঠনির্মিত ছাঁচে সঞ্চিত হয়। এই সালফার বিশুদ্ধ নহে, ইহাতে খানিকটা অপদ্রব্য

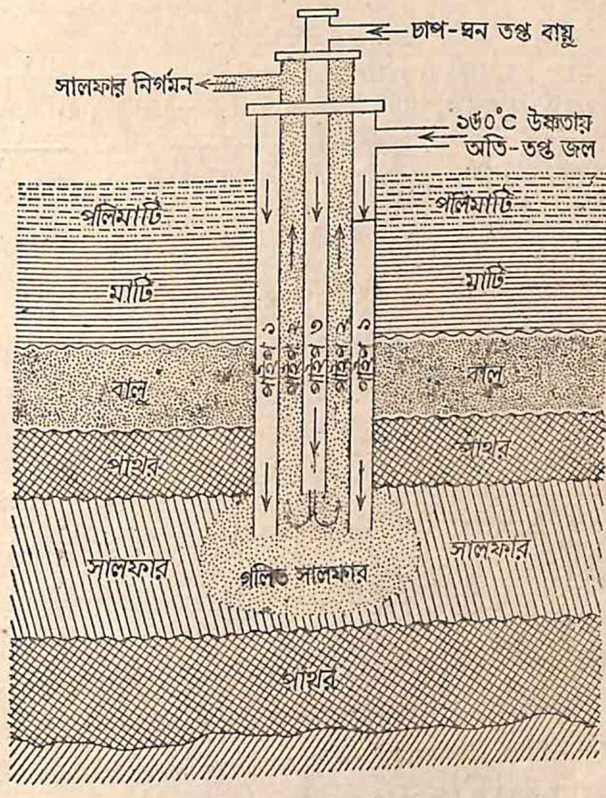
থাকিয়া যায়—শতকরা প্রায় 5 ভাগ অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। ইহা ছাড়া এই পদ্ধতিতে প্রায় এক-তৃতীয়াংশ সালফারের অপচয় ঘটে। কিন্তু সিসিলীতে জ্বালানীর বিশেষ অভাব। আমদানি করা জ্বালানী, কয়লা ইত্যাদিতে খরচ এত বেশী পড়ে যে সালফার পোড়াইয়া পদ্ধতিটি নিষ্পন্ন করাই সুবিধাজনক এবং লাভজনকও বটে।

এই অবিশুদ্ধ সালফারকে পাতন প্রণালীতে শোধন করা হয়। কিন্তু জ্বালানীর জন্য খরচ খুব বেশী লাগে বলিয়া, এখান হইতে এই সালফারকে ফ্রান্সের মার্সাই (Marseilles) বন্দরে প্রেরণ করা হয়। তথায় বড় বড় লোহার পাত্রে সালফার গলান হয় এবং গলিত সালফার লৌহ নির্মিত বকযন্ত্রে রাখিয়া কয়লার আগুনে উত্তপ্ত করা হয়। তাপ প্রয়োগের ফলে গলিত সালফার বাষ্পীভূত হয় এবং এই বাষ্প ইষ্টক নির্মিত একটি বৃহৎ কক্ষের মধ্যে প্রবেশ করে। কক্ষের অপেক্ষাকৃত শীতল গাত্রের সংস্পর্শে আসিয়া বাষ্প হলুদ বর্ণের কঠিনাকারে সঞ্চিত হয়। ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র হরিদ্রাভ এই কঠিনকে **গন্ধকরজ** (flowers of sulphur) বলে। কিছু সময় পরে দেওয়ালের উষ্ণতা যখন বৃদ্ধি পায় তখন এই কঠিন সালফার তরলে পরিণত হয় এবং প্রকোষ্ঠের মেঝেতে আসিয়া জমা হয়। একটি নির্গম-নলের মাধ্যমে ইহাকে প্রকোষ্ঠ হইতে বাহির করিয়া কাষ্ঠ নির্মিত ছাঁচে বেলনাকারে ঢালাই করা হয়। ইহা রোল সালফার বা **বাত্তি গন্ধক** নামে পরিচিত।


সিসিলীর সালফারের শোধন

সম্পূর্ণরূপে বিশুদ্ধ সালফার পাইতে হইলে এই রোল সালফারকে কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন দ্রবণকে পরিস্রুত করা হয়। অতঃপর স্বচ্ছ পরিস্রুৎকে বাষ্পায়িত করিলে উদ্বায়ী কার্বন ডাই-সালফাইড উবিয়া যায়; বিশুদ্ধ কঠিন সালফার অবশেষ হিসাবে পড়িয়া থাকে। ইহা **রম্বিক সালফার** নামে পরিচিত।

আমেরিকান পদ্ধতি ঃ লুসিয়ানার খনিতে প্রায় 800 ফুট মাটির নীচে সালফারের স্তর পাওয়া যায়। সমকেন্দ্রিক (concentric) তিনটি নল মাটি,



ফ্র্যাশ পদ্ধতিতে সালফার উত্তোলন

বালু ও চুনাপাথরের স্তর ভেদ করিয়া সালফারের স্তর পর্যন্ত প্রবেশ করাইয়া বসান হয়। 160°C উষ্ণতায় অতি তপ্ত জল বায়ুচাপের 10-18 গুণ চাপে বহির্নল দিয়া প্রবেশ করানো হয়। ইহার ফলে সালফারের কঠিন স্তর গলিয়া তরলে পরিণত হয়। তৎপরে বায়ুচাপের 35 গুণ চাপে কেন্দ্রস্থ নলের মাধ্যমে তরল সালফারের উপর বায়ু-প্রবাহ চালান হয়। বায়ুর এই প্রবল চাপে এবং জলের সংস্পর্শে তরল সালফার ফেনায়িত হইয়া মধ্যের (২নং) নল দিয়া মাটির উপর উঠিয়া আসে। এই তরল সালফার কাঠের ছাঁচে ঢালাই করিয়া কঠিনে পরিণত করা হয়। ইহার বিশুদ্ধতা শতকরা 99·5 ভাগ।

সালফারের বহুরূপতা ও রূপভেদ (Allotropy and allotropes): সালফার একটি বহুরূপী মৌল ; ইহার বিভিন্ন রূপভেদ দেখা যায়। এই

রূপভেদগুলির ভিতর ভৌত ধর্মের পার্থক্য অতি প্রকট। সালফারের যতগুলি রূপভেদ আছে উহাদের মধ্যে নিম্নবর্ণিত কয়টিই প্রধান।

সালফার

- (i) নিয়তাকার (Crystalline)
  - রম্বিক সালফার বা α-সালফার
  - মনোক্লিনিক বা β-সালফার
- (ii) অনিয়তাকার (amorphous)
  - নমনীয় গন্ধক (plastic sulphur)
  - গন্ধক দুগ্ধ (milk of sulphur)
  - কলয়েড সালফার
- (iii) তরল সালফার
  - λ-সালফার
  - μ-সালফার

রম্বিক সালফার ঃ ইহার উৎপাদন ব্যবস্থা পূর্বেই বর্ণনা করা হইয়াছে।

সঙ্কেত S_8, ঘনত্ব 2·06, গলনাঙ্ক 112·8°। ইহা কার্বন ডাইসালফাইডে দ্রাব্য। সমস্ত রূপভেদগুলির মধ্যে ইহাই সর্বাপেক্ষা সুস্থির। অন্যান্য রূপভেদগুলি ধীরে ধীরে ইহাতে রূপান্তরিত হয়।

মনোক্লিনিক সালফার—প্রস্তুতি ঃ রম্বিক সালফারকে কিঞ্চিৎ অধিক 95·5°C উষ্ণতায় রাখিয়া দিলে উহা মনোক্লিনিক সালফারে রূপান্তরিত হয়। সাধারণত বেসিনে খানিকটা রম্বিক সালফার লইয়া উহাকে বালিখোলায় (sand bath) ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিয়া গলান হয়। 119·5°C উষ্ণতায় ইহা গলিয়া একটি হরিদ্রাভ তরলে পরিণত হয়। অতঃপর ইহাকে ধীরে ধীরে শীতল হইতে দেওয়া হয় এবং ফলে তরল সালফারের উপর যখন সরের ন্যায় একটি আবরণ পড়ে তখন সরটিকে একটি সূক্ষ্মাগ্র দণ্ডের দ্বারা ছিদ্র করা হয়। এইরূপ অবস্থায় তখনও যতটুকু সালফার তরল অবস্থায় থাকে তাহাকে ধীরে ধীরে ঢালিয়া বাহির করা হয়। বেসিনের ভিতর সূচের আকৃতিবিশিষ্ট হলুদ রঙের স্ফটিক সৃষ্টি হয়। ইহাই মনোক্লিনিক বা β-সালফার। ইহাকে প্রিজম্ সালফারও বলে।

সঙ্কেত S_8, ঘনত্ব 1·96 ; গলনাঙ্ক 118·8°। ইহা কার্বন ডাইসালফাইডে দ্রাব্য। 95·5° উষ্ণতার নীচে রম্বিক সালফার স্থায়ী কিন্তু এই উষ্ণতার উপরে মনোক্লিনিক রূপভেদটিই স্থায়ী। সুতরাং মনোক্লিনিক সালফারকে 95·5°-এর নীচে আনিলে উহা রম্বিক সালফারে পরিবর্তিত হয় এবং রম্বিক সালফারকে এই উষ্ণতার উর্ধ্বে আনিলে উহা মনোক্লিনিক সালফারে পরিবর্তিত হয়। অতএব, দেখা যাইতেছে যে এই পরিবর্তনটি উভমুখী। এই যে নির্দিষ্ট উষ্ণতা যাহার নিম্নে একটি রূপভেদ এবং উর্ধ্বে অপর একটি রূপভেদ স্থায়ী হয় তাহাকে **পরিবর্তাঙ্ক** (transition temperature) বলে। সুতরাং সালফারের পরিবর্তাঙ্ক 95·5°। এই পরিবর্তাঙ্কে অর্থাৎ 99·5°-তে

উভয় রূপভেদই স্থায়ী। অতএব, এই নির্দিষ্ট উষ্ণতায় রূপভেদদ্বয়ের সহ-অবস্থান সম্ভব। $S\alpha \rightleftharpoons S\beta$। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে মনোক্লিনিক সালফারের গলনাঙ্ক 118·3°। 119·5° উষ্ণতায় ইহা তরল হইয়া যায়। অতএব, 95·5°-এর নীচে বা 119·5°-এর উপরে মনোক্লিনিক সালফারের অস্তিত্ব সম্ভব নহে। ইহার অস্তিত্বকাল এই দুই নির্দিষ্ট উষ্ণতার দ্বারা সীমাবদ্ধ।

ভৌত ধর্ম (Physical properties): কার্বন ও ফস্‌ফরাসের ন্যায় সালফারও একটি বহুরূপী মৌল। ইহা ফিকে হলুদ বর্ণের কঠিন পদার্থ। ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু জৈব দ্রাবক, যথা—কার্বন ডাইসালফাইড, বেঞ্জিন, টারপেনটাইন প্রভৃতিতে দ্রবীভূত হয়। ইহা তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবহনে অক্ষম।

সালফারকে উত্তপ্ত করিলে, 95·5°C উষ্ণতায় উহা β-সালফারে পরিণতি লাভ করে এবং পরে 119·5°C-এ উহা হলুদ বর্ণের গতিশীল তরলে পরিণত হয়। উষ্ণতা আরও বৃদ্ধি করিলে, তরল গতিহীন আঁঠাল পদার্থে পরিণত হয় এবং 230°C উষ্ণতায় উহা প্রায় কাল বর্ণের কঠিনে রূপান্তরিত হয়। উষ্ণতা আরও বৃদ্ধি পাইলে কঠিন আবার গতিশীল তরলে পরিণত হয় এবং উষ্ণতা যখন 444°C-এ পৌঁছে তরল সালফার তখন ফুটিতে আরম্ভ করে এবং পিঙ্গল বর্ণের বাষ্প উত্থিত হইতে থাকে।

রাসায়নিক ধর্ম: (i) বায়ু বা অক্সিজেন সংস্পর্শে উত্তপ্ত সালফার নীল শিখায় জ্বলিয়া উঠে এবং ইহার ফলে সালফার ডাই-অক্সাইড এবং খুব অল্প পরিমাণ সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$S+O_2=SO_2, \quad 2S+3O_2=SO_3$$

(ii) তপ্ত সালফার অনেক ধাতু, যথা—আয়রন, কপার প্রভৃতি এবং অনেক অ-ধাতু, যথা—হ্যালোজেন (ব্যতিক্রম—আয়োডিন), কার্বন, হাইড্রোজেন প্রভৃতির সহিত সরাসরি যুক্ত হয়। $Cu+S=CuS$, $Cl_2+2S=S_2Cl_2$

$$C+2S=CS_2, \quad H_2+S=H_2S$$

(iii) তপ্ত ও গাঢ় সালফিউরিক এবং নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা সালফার জারিত হইয়া যথাক্রমে সালফার ডাই-অক্সাইড এবং সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। $S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$

$$S+6HNO_3=H_2SO_4+6NO_2+2H_2O$$

(iv) সালফার উষ্ণ ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সালফাইড ও থায়োসালফেট লবণ উৎপন্ন করে। এই সালফাইড আরও সালফারের (বেশী পরিমাণে সালফার থাকিলে) সহিত যুক্ত হইয়া পলি-সালফাইড গঠন করে।

$$K_2S+S=K_2S_2$$

ব্যবহার ঃ সালফিউরিক অ্যাসিড শিল্পে প্রচুর পরিমাণ সালফার প্রয়োজন হয়। সালফার পোড়াইয়া সালফার ডাই অক্সাইড তৈরী করা হয় এবং উৎপন্ন ডাই-অক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে, সালফাইট প্রস্তুতিতে এবং বিরঞ্জক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। বন্দুকের বারুদ, দিয়াশলাই প্রভৃতি তৈরী করিবার জন্য ও কীটনাশকরূপেও ইহা ব্যবহৃত হয়। কাগজ শিল্পে, রবার শিল্পে এবং নানাপ্রকার ঔষধ প্রস্তুত করিতেও সালফারের প্রয়োজন হয়।

20-2. সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2)

ইতিবৃত্ত ও অবস্থান ঃ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে মারকারিকে উত্তপ্ত করিয়া বিজ্ঞানী প্রিষ্টলী 1774 খ্রীষ্টাব্দে এই গ্যাস প্রস্তুত করেন। আগ্নেয়গিরি হইতে উত্থিত গ্যাস এবং কোন কোন প্রস্রবণের জলে এই গ্যাসের অস্তিত্ব দেখা যায়। শহরাঞ্চলের বায়ুতেও এই গ্যাস বিদ্যমান। কয়লা জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করিবার ফলেই শিল্পাঞ্চলের বায়ুমণ্ডলে এই গ্যাসের অস্তিত্ব দেখা যায়। কারণ, কয়লাতে স্বল্প পরিমাণে সালফার থাকে।

প্রস্তুতি—রসায়নাগার পদ্ধতি ঃ কপার দ্বারা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিলে, সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+2H_2O+SO_2$$

পরীক্ষা ঃ একটি দীর্ঘ-নাল ফানেল ও একটি নির্গম নলযুক্ত কূপীতে খানিকটা তামার (কপার) ছিবড়া লও। এখন দীর্ঘ-নাল ফানেলের মাধ্যমে এরূপ পরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড কূপীর ভিতর ঢাল যাহাতে তামার ছিবড়া এবং দীর্ঘ-নাল ফানেলের ভিতরের প্রান্ত তরলের মধ্যে ডুবিয়া থাকে। কূপীটি ধারক এবং বলয়ের সাহায্যে তারজালির উপর বসাইয়া বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত কর। সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হইতে থাকিবে এবং গ্যাস উৎপন্ন হইবার সঙ্গে সঙ্গেই বুনসেন দীপ সরাইয়া লও। সালফার ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া উহা বায়ুর উর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ কর।

শুষ্ক এবং অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ সালফার ডাই-অক্সাইড পাইতে হইলে উৎপন্ন গ্যাসটি গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ গ্যাসধারকের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া পারদের উপর সংগ্রহ কর। [এই গ্যাসকে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বা ফসফরাস পেন্টক্সাইড দ্বারাও বিশুষ্ক করা যায়।]

সালফার ডাই-অক্সাইডের ধর্ম

ভৌত ধর্ম: সালফার ডাই-অক্সাইড একটি শ্বাসরোধী গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং জলে ইহার দ্রবণীয়তা সমধিক। হিম-মিশ্রণে (freezing mixture) শীতল করিলে কিংবা স্বাভাবিক উষ্ণতাতেই চাপ প্রয়োগ করিলে ইহা সহজেই তরলে পরিণত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম: (i) ইহা নিজে অদাহ্য এবং সাধারণত দহনের সহায়কও নহে। কিন্তু তপ্ত পটাসিয়াম, আয়রন, টিন, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি এই গ্যাসের মধ্যে জ্বলে।

$$3Fe + SO_2 = 2FeO + FeS$$

$$4K + 3SO_2 = K_2SO_3 + K_2S_2O_3$$

পরীক্ষা: সালফার ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাসজারে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাও—পাটকাঠিটি নিভিয়া যাইবে। একটি উজ্জ্বল চামচে খানিকটা ম্যাগনেসিয়াম লইয়া উহাতে আগুন ধরাও এবং এই জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়ামসহ চামচটি একটি সালফার ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাও,—ম্যাগনেসিয়াম জ্বলিতে থাকিবে।

(ii) সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ আম্লিক। কারণ, সালফার ডাই-অক্সাইড জলের সহিত একটি মৃদু ও অস্থায়ী অ্যাসিড গঠন করে এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করিয়া দেয়।

$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3 \text{ (সালফিউরাস অ্যাসিড)}$$

সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে, সমস্ত সালফার ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়।

পরীক্ষা: সালফার ডাই-অক্সাইডপূর্ণ একটি কূপীর (flask) মুখে কর্কের সাহায্যে একটি সরু এবং সোজা কাচনল লাগাও। এখন কূপীটি ধারকের (stand) সাহায্যে উপুড় করিয়া এরূপ-ভাবে রাখ যাহাতে কাচনলের প্রান্ত কূপীটির ঠিক নিম্নে অবস্থিত বীকারের নীল লিটমাস দ্রবণে ডুবিয়া থাকে। কূপীটিকে শীতল কর। দেখিবে, নীল লিটমাস দ্রবণ ফোয়ারার আকারে কূপীর ভিতরে প্রবেশ করিয়া লাল বর্ণ ধারণ করিবে।

(iii) প্লাটিনাম, ভ্যানেডিয়াম পেণ্টক্সাইড, নাইট্রিক অক্সাইড প্রভৃতি অনুঘটকের উপস্থিতিতে বিশেষ তাপমাত্রায় সালফার ডাই-অক্সাইড অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$$

(iv) সালফার ডাই-অক্সাইড একটি বিজারক। ইহা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট, ফেরিক ক্লোরাইড প্রভৃতিকে বিজারিত করে।

পরীক্ষা: তিনটি পরীক্ষা-নল লও। একটি পরীক্ষা-নলে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ এবং অপর দুইটিতে যথাক্রমে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও ফেরিক ক্লোরাইডের আম্লিক দ্রবণ লও এবং প্রত্যেকটির ভিতর দিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত কর। দেখিবে, দ্রবণগুলির বর্ণের পরিবর্তন ঘটিবে।

$$\underset{\text{হলদে}}{2FeCl_3} + SO_2 + 2H_2O = \underset{\text{বর্ণহীন}}{2FeCl_2} + 2HCl + H_2SO_4$$

$$\underset{\text{বেগুনী}}{2KMnO_4} + 5SO_2 + 2H_2O = K_2SO_4 + \underset{\text{বর্ণহীন}}{2MnSO_4} + 2H_2SO_4$$

$$\underset{\text{কমলা}}{K_2Cr_2O_7} + 3SO_2 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + \underset{\text{সবুজ}}{Cr_2(SO_4)_3} + H_2O$$

সেইরূপ ক্লোরিন, ব্রোমিন এবং আয়োডিন সালফার ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় বিজারিত হইয়া হাইড্রাসিডে (hydracid) পরিণত হয়।

$$Cl_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HCl + H_2SO_4$$

$$I_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HI + H_2SO_4$$

(v) হাইড্রোজেন সালফাইড সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা জারিত হয়।

$$SO_2 + 2H_2S = 3S + 2H_2O$$

(vi) তীব্র আলোর প্রভাবে বা বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গে সালফার ডাই-অক্সাইড সালফার ট্রাই-অক্সাইড এবং সালফারে বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, লেড পার-অক্সাইড, সোডিয়াম পার-অক্সাইড প্রভৃতি সালফার ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় যথাক্রমে সালফিউরিক অ্যাসিড, লেড-সালফেট এবং সোডিয়াম সালফেট গঠন করে।

$$H_2O_2 + SO_2 = H_2SO_4\ ;\ PbO_2 + SO_2 = PbSO_4,$$

$$Na_2O_2 + SO_2 = Na_2SO_4$$

(vii) সালফার ডাই-অক্সাইড একটি বিরঞ্জক পদার্থ। ইহা জলের উপস্থিতিতে অনেক জৈব রঙীন পদার্থকে বিরঞ্জিত করিতে পারে।

পরীক্ষা ঃ সালফার ডাই-অক্সাইডপূর্ণ একটি গাসজারের ভিতরে একটি শুষ্ক ফুল প্রবেশ করাও। ইহাতে ফুলের বর্ণের কোন পরিবর্তন হয় না। এখন একটু জল ছিটাইয়া দাও, দেখিবে, ফুলটি বিরঞ্জিত হইয়া বর্ণহীন হইবে।

(viii) সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ অর্থাৎ সালফিউরাস অ্যাসিড একটি দ্বিক্ষারীয় (dibasic) অ্যাসিড। সুতরাং ইহা ক্ষারজাতীয় পদার্থের সহিত দুই রকম লবণ উৎপন্ন করে। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সালফার ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় সালফাইট এবং বাইসালফাইট লবণ গঠন করে।

$$NaOH + SO_2 = NaHSO_3 \; ; \; NaHSO_3 + NaOH = Na_2SO_3 + H_2O$$

সোডিয়াম কার্বনেটের সহিতও একই প্রকার বিক্রিয়া ঘটে। চুনজল ইহার সহিত বিক্রিয়ায় প্রথমে সালফাইট এবং পরে অতিরিক্ত গ্যাসের বিক্রিয়ায় বাইসালফাইট গঠন করে। চুনজল এইজন্য সালফার ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় প্রথমে ঘোলাটে এবং পরে স্বচ্ছ হইয়া যায়।

$$Ca(OH)_2 + SO_2 = CaSO_3 + H_2O.$$

ক্যালসিয়াম
সালফাইট
(অদ্রাব্য)

$$CaSO_3 + H_2O + SO_2 = Ca(HSO_3)_2$$

ক্যালসিয়াম
বাইসালফাইট
(দ্রাব্য)

পরীক্ষা ঃ একটি পরীক্ষা-নলে খানিকটা চুনজল লও এবং ইহার মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালনা কর। কিছুক্ষণ পরেই দেখিবে, চুনজল ঘোলাটে হইয়া যাইবে। আরও গ্যাস পরিচালনা কর দেখিবে, চুনজল পুনরায় স্বচ্ছ হইয়া যাইবে।

(ix) সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণ সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা সম্পৃক্ত করিয়া বাষ্পীভূত করিলে অথবা Na_2CO_3, H_2O কেলাসের উপর দিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড পরিচালনা করিলে, কঠিন সোডিয়াম ডাই-সালফাইট $Na_2S_2O_5$ উৎপন্ন হয়।

$$Na_2CO_3 + 2SO_2 = Na_2S_2O_5 + CO_2.$$

ব্যবহার ঃ সালফিউরিক অ্যাসিড, সালফাইট এবং বাই-সালফাইট লবণ ইত্যাদি প্রস্তুত করিবার জন্য সালফার ডাই-অক্সাইড প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত

হয়। ইহা চিনি শিল্পে বিরঞ্জক হিসাবে ও যে-ক্ষেত্রে ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জন করা হয় সেই ক্ষেত্রে উদ্‌বৃত্ত ক্লোরিন অপসারণ করিবার জন্য এবং কোন কোন ক্ষেত্রে মৃদু বিরঞ্জক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইহা জীবাণুনাশকরূপে, ফল প্রভৃতির পচন নিবারণ করিবার জন্য এবং হিমায়করূপেও ব্যবহৃত হয়।

সালফার ডাই-অক্সাইড এবং ক্লোরিনের বিরঞ্জন ক্রিয়ার তুলনা

সালফার ডাই-অক্সাইড এবং ক্লোরিন উভয়েই জলের সংস্পর্শে বিরঞ্জন করে। শুষ্ক অবস্থায় ইহাদের বিরঞ্জন ক্ষমতা লোপ পায়।

সালফার ডাই-অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় সদ্যোজাত বা জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। এই সদ্যোজাত বা জায়মান হাইড্রোজেন বিজারণ প্রক্রিয়ার সাহায্যে রঙীন পদার্থকে বিরঞ্জিত করে। কিন্তু ক্লোরিন জলের সংস্পর্শে সদ্যোজাত বা জায়মান অক্সিজেন উৎপন্ন করে। এই সদ্যোজাত অক্সিজেন জারণ প্রক্রিয়ার সাহায্যে রঙীন পদার্থকে বিরঞ্জিত করে।

$$SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2H \; ; \; Cl_2+H_2O=2HCl+O.$$

সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিরঞ্জিত পদার্থ অনেক সময় বায়ুর সহিত ক্রিয়ায় ইহার পূর্ববর্ণ ফিরিয়া পায়। সুতরাং সালফার ডাই-অক্সাইডের বিরঞ্জন সব সময়ে স্থায়ী হয় না। কিন্তু ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জিত পদার্থ কখনও ইহার পূর্ববর্ণ ফিরিয়া পায় না। অর্থাৎ, ক্লোরিন স্থায়িভাবে বিরঞ্জিত করে।

সালফার ডাই-অক্সাইড মৃদু বিরঞ্জক। ক্লোরিনের বিরঞ্জন ক্ষমতা সালফার ডাই-অক্সাইড অপেক্ষা তীব্রতর। তাই পশম, সিল্ক, স্পঞ্জ প্রভৃতি ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জন করিলে নষ্ট হইয়া যায় এবং উহাদের বিরঞ্জিত করিবার জন্য সালফার ডাই-অক্সাইড ব্যবহার করা হয়।

20-3. সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4)

সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির শিল্প পদ্ধতি (Manufacture) : বহুল পরিমাণে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিবার জন্য দুইটি পদ্ধতি প্রচলিত আছে—**প্রকোষ্ঠ** (chamber) **পদ্ধতি** ও **স্পর্শ** (contact) **পদ্ধতি**। তন্মধ্যে স্পর্শ পদ্ধতির প্রচলন দ্রুত প্রসার লাভ করিতেছে। নিম্নে স্পর্শ পদ্ধতির বর্ণনা করা হইল।

নীতি : শুষ্ক ও বিশুদ্ধ সালফার ডাই-অক্সাইড বায়ুর সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত প্লাটিনামঘটিত অ্যাসবেসটস অথবা ভ্যানেডিয়াম পেণ্টক্সাইডের উপর

দিয়া প্রবাহিত করিলে, সালফার ডাই-অক্সাইড জারিত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। $2SO_2+O_2=2SO_3$। এই সালফার ট্রাই-অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিড গঠন করে।

$$H_2O+SO_3=H_2SO_4.$$

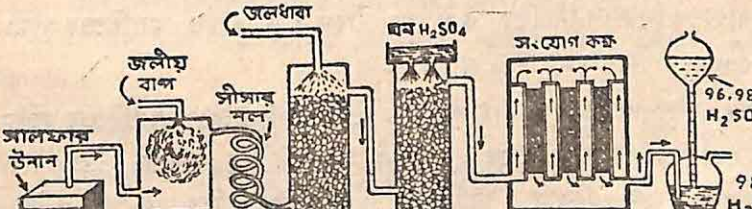
রাসায়নিক উপকরণ: (i) সালফার বা পাইরাইটস, (ii) বায়ু এবং (iii) অনুঘটক—প্লাটিনামঘটিত অ্যাসবেসটস।

সতর্কতা: (i) সালফার ডাই-অক্সাইড শুষ্ক এবং বিশুদ্ধ হওয়া প্রয়োজন।

(ii) অতিরিক্ত বায়ু প্রবাহের সাহায্যে অক্সিজেন বেশীমাত্রায় সরবরাহ করিতে হইবে।

(iii) অনুঘটক এবং গ্যাস মিশ্রণটি 450°C তাপমাত্রার কাছাকাছি রাখিতে হইবে।

প্রক্রিয়া: (i) পাইরাইটস বা সালফার অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহে চুল্লীতে পোড়াইয়া তৈরী করা হয় সালফার ডাই-অক্সাইড। (ii) উৎপন্ন গ্যাসীয় মিশ্রণ (সালফার ডাই-অক্সাইড এবং অতিরিক্ত বায়ু) একটি স্তম্ভের ভিতর দিয়া



স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন

প্রবাহিত করা হয় এবং স্তম্ভের ভিতর ষ্টীম (জলীয় বাষ্প) প্রবেশ করান হয়। ইহার ফলে ধূলিকণাগুলি ভারী হইয়া থিতাইয়া পড়ে। (iii) এইভাবে প্রাপ্ত আংশিক পরিস্রুত গ্যাসীয় মিশ্রণকে লেড পাইপের (সীসার নল) ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া শীতল করা হয় এবং (iv) অপর একটি স্তম্ভের তলদেশ হইতে স্তম্ভের ভিতর প্রবেশ করাইয়া বিপরীতগামী জলধারায় ধৌত করা হয়। (v) ইহার পর গ্যাসকে একই পদ্ধতিতে আর একটি স্তম্ভে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা ধৌত করিয়া শুষ্ক করা হয়। (vi) এই শুষ্ক ও বিশুদ্ধ গ্যাসীয় মিশ্রণকে উভয়দিকে কাচযুক্ত একটি বাক্সের ভিতর (চিত্রে দেখান হয় নাই)

প্রবেশ করান হয় এবং আলোকরশ্মির সাহায্যে উহার স্বচ্ছতা পরীক্ষা করা হয়। (vii) অতঃপর গ্যাস মিশ্রণকে স্পর্শ-চুল্লীর বা সংযোগ কক্ষের (contact furnace) তলদেশ দিয়া উহার ভিতর প্রবেশ করান হয়। স্পর্শ-চুল্লীর ভিতর অনুঘটকপূর্ণ লৌহ-নল থাকে। উত্তাপের সাহায্যে স্পর্শ-চুল্লীর তাপমাত্রা 450°C উষ্ণতায় রাখা হয়। (viii) গ্যাস মিশ্রণ প্রথমে নলগুলির চারিপাশে প্রবাহিত হয় এবং পরে উপরের দিক্ দিয়া নলের ভিতর প্রবেশ করে। এই অনুঘটক কক্ষে সালফার ডাই-অক্সাইড অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং ইহার ফলে প্রচুর তাপের সৃষ্টি হয়। কক্ষের ভিতর প্রবেশকারী (in-coming) গ্যাস, নলের চারিপার্শ্বে প্রবাহিত হইবার সময় এই উদ্ভূত তাপের প্রভাবে উত্তপ্ত হয় এবং অনুঘটকপূর্ণ নলের ভিতর প্রবেশ করে। সুতরাং গ্যাস প্রবাহ নিয়ন্ত্রিত করিয়া চুল্লীর তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রিত করা হয় এবং (ix) বিক্রিয়া আরম্ভ হইয়া গেলে বাহির হইতে আর তাপ প্রয়োগের প্রয়োজন হয় না। (x) উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইড একটি লৌহপাত্রে অবস্থিত 98% সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয় এবং (xi) অপর দিক্ হইতে এই অ্যাসিডের মধ্যে প্রবেশ করান হয় জলের বা লঘু অ্যাসিডের ধারা। এই ধারা এমনভাবে নিয়ন্ত্রিত করা হয় যাহাতে পাত্রস্থিত অ্যাসিডের মাত্রা (strength) সব সময়েই 98% থাকে।

যদি অতিরিক্ত সালফার ট্রাই-অক্সাইড 98% সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে পরিচালনা করা হয় তাহা হইলে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড বা ওলিয়াম উৎপন্ন হয়। এই ওলিয়ামকে বিভিন্ন পরিমাণ জলের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিভিন্ন মাত্রার অ্যাসিড তৈরী করা যায়।

ধর্ম (properties): বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড দেখিতে তেলের ন্যায় তরল পদার্থ। ইহা খুব ভারী এবং বর্ণহীন। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব=1·8। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 338°C এবং এই উষ্ণতায় উহার বিয়োজন সুরু হয়। ইহার ফলে প্রচুর সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়। H_2SO_4 বিয়োজিত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইড এবং জলে পরিণত হয়।

$$H_2SO_4 = SO_3 + H_2O$$

তপ্ত ঝামাপাথরের উপর সালফিউরিক অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফেলিলে, সালফিউরিক অ্যাসিড সালফার ডাই-অক্সাইড, জল এবং অক্সিজেনে পরিণত হয়। $2H_2SO_3 = 2H_2O + 2SO_2 + O_2$

ইহা জলের সহিত যে কোন অনুপাতে মিশ্রিত হইতে পারে। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের জলের প্রতি আসক্তি খুব প্রবল। ইহা জলের সহিত বিভিন্ন সোদক স্ফটিক গঠন করিয়া থাকে :

$H_2SO_4 . H_2O$; $H_2SO_4 . 2H_2O$; এবং $H_2SO_4 . 4H_2O$.

সালফিউরিক অ্যাসিড কোন কোন জৈব পদার্থের অণু হইতে জল শোষণ করিয়া উহাকে বিযোজিত করিয়া দেয়।

$$HCOOH + H_2SO_4 = CO + (H_2O + H_2SO_4)$$
(ফরমিক অ্যাসিড) (কার্বন মনোক্সাইড)

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2SO_4 = 12\ C + (11H_2O + H_3SO_4)$$
(সুগার) (কার্বন)

জলীয় দ্রবণে ইহা দ্বিক্ষারী অম্লের ন্যায় ব্যবহার করিয়া থাকে। ধাতুর দ্বারা ইহার হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করা যায় এবং ক্ষারক পদার্থের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা দুই প্রকারের লবণ গঠন করে।

$$H_2SO_4 + Mg = MgSO_4 + H_2$$
$$H_2SO_4 + NaOH = NaHSO_2 + H_2O$$
$$H_2SO_4 - 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

নীল লিটমাস দ্রবণ সালফিউরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণের সংস্পর্শে লাল হইয়া যায়।

উষ্ণ ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড একটি তীব্র জারক। ইহা কপার, সিলভার, মারকারি, জিঙ্ক প্রভৃতি ধাতুকে দ্রবীভূত করে। এই বিক্রিয়ায় ধাতুগুলি জারিত হইয়া যায় এবং সালফিউরিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড এবং জলে পরিণত হয়।

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2.$$

কার্বন, সালফার প্রভৃতি অধাতব মৌল, পটাসিয়াম আয়োডাইড, পটাসিয়াম ব্রোমাইড প্রভৃতি যৌগ উষ্ণ ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় জারিত হয় এবং সালফিউরিক অ্যাসিড নিজে বিজারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$$
$$S + 2H_2SO_4 = 2H_2O + 3SO_2$$
$$2KI + H_2SO_4 = 2HI + K_2SO_4$$
$$2HI + H_2SO_4 = I_2 + 2H_2O + SO_2$$

অন্যান্য অ্যাসিডের তুলনায় সালফিউরিক অ্যাসিড অপেক্ষাকৃত কম উদ্বায়ী বলিয়া ঐ সকল অ্যাসিডের লবণকে সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে ঐ অ্যাসিডগুলি উৎপন্ন হয়। যথা, হ্যালোজেন অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতি উৎপন্ন হয়, যখন উক্ত অ্যাসিডগুলির লবণ সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করা হয়।

$$KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3.$$

সালফিউরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে বিভিন্ন পদার্থ উৎপন্ন হয় :—(*a*)—হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন, (*b*) ওজোন এবং (*c*) পার ডাই-সালফিউরিক অ্যাসিড। তড়িৎ-বিশ্লেষণে কি পদার্থ উৎপন্ন হইবে তাহা নির্ভর করে সালফিউরিক অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব এবং কি পরিবেশে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয় তাহার উপর।

ব্যবহার ঃ সালফিউরিক অ্যাসিড বহু রাসায়নিক শিল্পের মূল বস্তু। কারণ, অসংখ্য রাসায়নিক দ্রব্যাদির উৎপাদনে ইহা প্রয়োজন ; যেমন ঃ (i) অপেক্ষাকৃত উদ্বায়ী অ্যাসিড, যথা, HCl, HNO_3 প্রভৃতি প্রস্তুতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। (ii) কতকগুলি সার (fertiliser) যথা—অ্যামোনিয়াম সালফেট, সুপার ফসফেট প্রভৃতি উৎপাদনেও সালফিউরিক অ্যাসিড বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। (iii) কাপড় কাচা সোডা প্রস্তুতিতে, পেট্রোলিয়াম শোধনে, নানা প্রকারের রঞ্জক ও বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। (iv) রসায়নাগারে গ্যাস বিশুষ্ককরণে এবং কার্বন মনোক্সাইড, ইথিলীন প্রভৃতি গ্যাস প্রস্তুত করিতে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

অ্যালম (Alum) ঃ যে সকল সমাকৃতি (isomorphous) দ্বি-ধাতুক লবণের সঙ্কেত M_2SO_4, $N_2'''(SO_4)_3$, $24H_2O$ (যেখানে M' = যে-কোন একযোজী ধাতু বা মূলক এবং M''' = যে-কোন ত্রিযোজী ধাতু) তাহাদিগকে অ্যালাম বলে। পটাসিয়াম সালফেট ও অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের মিশ্রণে উৎপন্ন দ্বি-ধাতুক লবণকে সাধারণ অ্যালাম বা ফট্‌কিরি বলা হয়।

খনিজ বক্সাইটের সহিত 62% সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের দ্রবণ তৈরী করা হয় এবং বেরিয়াম সালফাইড যোগে উহার (দ্রবণের) ফেরিক সালফেটকে বিজারিত করিয়া ফেরাস অবস্থায় আনা হয়। পরিস্রাবণ প্রক্রিয়ার সাহায্যে অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণ

পৃথক্ করিয়া উহার সহিত প্রয়োজনানুরূপ পটাসিয়াম সালফেট মিশ্রিত করা হয়। মিশ্রণটি উত্তাপের সাহায্যে গাঢ় করা হয় এবং ঠাণ্ডা করিয়া অ্যালাম দানা কেলাসিত করা হয়।

ইহা একটি বর্ণহীন কেলাসিত কঠিন। জলে অধিক পরিমাণে দ্রবণীয়। জলীয় দ্রবণ কষায় স্বাদযুক্ত এবং এই দ্রবণে অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায়। ইহার গলনাঙ্ক 92°C। 200°C উষ্ণতায় সমস্ত কেলাসজল দূরীভূত হইয়া ইহা অনার্দ্র সালফেট লবণে পরিণত হয়, তখন ইহা দেখিতে ঝাঁঝরামত (porous) হয় এবং ইহাকে দগ্ধ অ্যালাম (burnt alum) বলে।

অ্যালাম জলের ভাসমান অদ্রাব্য পদার্থগুলিকে থিতাইয়া ফেলে বলিয়া জল পরিষ্কার করার কাজে ইহা ব্যবহার করা হয়। ইহা কাগজ ও বস্ত্রশিল্পে এবং সূতীবস্ত্র রঙ করার কাজেও ব্যবহার করা হয়। ইহার রক্ত জমাইয়া ফেলিবার ক্ষমতা আছে বলিয়া ক্ষতস্থানে অনেক সময় ইহা লাগাইয়া দেওয়া হয়।

[অন্যান্য প্রয়োজনীয় ধাতব সালফেটের জন্য **'ধাতুসমূহ'** দেখ]

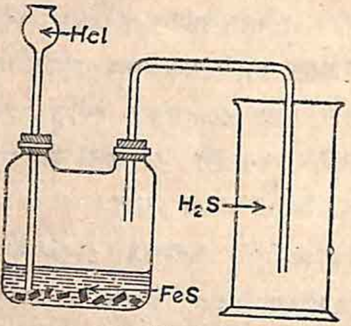
20-4. হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S)

ইতিবৃত্ত ও অবস্থান : বায়ুমণ্ডলে অতি স্বল্পপরিমাণে হাইড্রোজেন সালফাইড বর্তমান। ইহার ফলেই রৌপ্য দ্রব্যগুলি বায়ুতে কালোবর্ণ ধারণ করে। কারণ, রৌপ্যদ্রব্য বায়ুর হাইড্রোজেন সালফাইডের সহিত ক্রিয়া করে এবং ইহার ফলে সিলভার সালফাইড উৎপন্ন হয়। সিলভার সালফাইডের বর্ণ কালো এবং রৌপ্যের উপর এই সিলভার সালফাইডের আস্তরণ পড়ে বলিয়া রৌপ্য দ্রব্যগুলি কালোবর্ণ ধারণ করে। আগ্নেয়গিরি হইতে উৎপন্ন গ্যাসে এবং অনেক প্রস্রবণের জলে হাইড্রোজেন সালফাইড বর্তমান। সালফারঘটিত যৌগগুলির পচনেও হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন হয়। চামড়া, পচা ডিম ইত্যাদি দুর্গন্ধ অংশত হাইড্রোজেন সালফাইডের জন্য।

প্রস্তুতি (Preparation)

রসায়নাগার পদ্ধতি : একটি দীর্ঘ-নাল ফানেল ও একটি নির্গম-নল-যুক্ত উল্‌ফ বোতলে খানিকটা ফেরাস সালফাইড লও। বোতলের ভিতর খানিকটা জল ঢাল যাহাতে দীর্ঘ-নাল ফানেলের শেষ প্রান্ত জলে ডুবিয়া থাকে। অতঃপর দীর্ঘ-নাল ফানেলের সাহায্যে বোতলের ভিতর লঘু সালফিউরিক অথবা লঘু হাইড্রোজেন অ্যাসিড ঢাল। ফেরাস সালফাইড অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসা মাত্রই হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন হয় এবং উহা নির্গম নলের

মাধ্যমে বোতলের বাহিরে আসিতে থাকে। $FeS + 2HCl = FeCl_2 + H_2S$ হাইড্রোজেন সালফাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া ইহা বায়ুর উর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ কর। ইহা জলে সামান্য দ্রবণীয় কিন্তু উষ্ণ জলে অদ্রবণীয়। সুতরাং ইহা গ্যাসজারে উষ্ণ জলের অপসারণের দ্বারাও সংগ্রহ করা যায়।



রসায়নাগার পদ্ধতি
হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি

ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড দ্বারা গ্যাসটি শুষ্ক করা যায়।

বিশুদ্ধিকরণ : ফেরাস সালফাইড হইতে রসায়নাগারে যে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুত করা হইয়া থাকে উহা বিশুদ্ধ নয়। উহার সহিত অ্যাসিড, হাইড্রোজেন এবং জলীয় বাষ্প অল্প-বিস্তর মিশ্রিত থাকে। ইহাকে বিশুদ্ধ করিবার জন্য গ্যাসটিকে সোডিয়াম হাইড্রোসালফাইডের সম্পৃক্ত দ্রবণের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। ইহাতে গ্যাসটি অ্যাসিডমুক্ত হইয়া যায়, $NaHS + HCl = NaCl + H_2S$। তৎপরে ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড দ্বারা গ্যাসটি শুষ্ক করিয়া কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড দ্বারা শীতল করা হয়। ইহার ফলে হাইড্রোজেন সালফাইড তরলে পরিণত হয় কিন্তু হাইড্রোজেনের কোন পরিবর্তন হয় না। এই হাইড্রোজেন গ্যাস পাম্পের সাহায্যে অপসারিত করিয়া তরল হাইড্রোজেন সালফাইডকে উত্তপ্ত করিয়া বিশুদ্ধ গ্যাসীয় হাইড্রোজেন সালফাইড পাওয়া যায়।

(ii) **কিপ্ যন্ত্রে প্রস্তুতি :** হাইড্রোজেন সালফাইড কিপ্ যন্ত্রেও প্রস্তুত করা হইয়া থাকে। ফেরাস সালফাইডের উপর লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া এই কিপ্ যন্ত্রে ঘটান হয়। যন্ত্রের বিবরণ ও পদ্ধতির বর্ণনার জন্য কার্বন ডাই-অক্সাইডের প্রস্তুতি দেখ। $FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$.

ভৌত ধর্ম : হাইড্রোজেন সালফাইড পচা ডিমের গন্ধযুক্ত একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী। শীতল জলে সামান্য পরিমাণে দ্রাব্য, উষ্ণ জলে ইহা অদ্রাব্য বলিয়া জলীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে ইহা দ্রবণ হইতে নির্গত হয়। ইহা একটি বিষাক্ত গ্যাস, বহুক্ষণ শ্বাস-প্রশ্বাসের সহিত গ্রহণ করিলে এমন কি মৃত্যুও ঘটিতে পারে।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ হাইড্রোজেন সালফাইড নিজে দাহ্য, কিন্তু দহনের সহায়ক নহে। ইহা বায়ুতে বা অক্সিজেনে নীল শিখায় জ্বলিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। $2H_2S+3O_2=2H_2O+2SO_2$.

কিন্তু গ্যাসজারে জ্বলিলে (অর্থাৎ কম অক্সিজেনে), জারের ভিতর সালফার জমিতে থাকে। $2H_2S+O_2=2H_2O+2S$.

(ii) হাইড্রোজেন সালফাইড একটি দ্বি-ক্ষারী অম্ল। ইহা ক্ষারীয় পদার্থের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় দুই প্রকারের লবণ গঠন করে।

$$NaOH+H_2S=NaHS+H_2O,$$

$$2NaOH+H_2S=Na_2S+2H_2O.$$

(iii) উচ্চ তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন সালফাইড হাইড্রোজেন এবং সালফারে বিযোজিত হইয়া যায়। $H_2S=H_2+S$.

(iv) হাইড্রোজেন সালফাইড একটি বিজারক। ক্লোরিন-জল বা ব্রোমিন-জল বা জলে ভাসমান আয়োডিনের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন সালফাইড প্রবাহিত করিলে, সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং হ্যালোজেন, হ্যালোজেন-হাইড্রাসিডে বিজারিত হয়।

$$Cl_2+H_2S=2HCl+S\ ;\ I_2+H_2S=2HI+S.$$

সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ, নাইট্রিক অ্যাসিড, গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড প্রভৃতি হাইড্রোজেন সালফাইড দ্বারা বিজারিত হয়।

$$SO_2+2H_2S=2H_2O+3S\ ;$$

$$2HNO_3+H_2S=2H_2O+2NO_2+S\ ;$$

$$H_2SO_4+H_2S=2H_2O+SO_2+S.$$

ইহা ফেরিক ক্লোরাইড বা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের ভিতর দিয়া পরিচালনা করিলে, ফেরিক ক্লোরাইড বা পারম্যাঙ্গানেট বিজারিত হইয়া বর্ণহীন হয়।

$$2FeCl_3+H_2S=2FeCl_2+2HCl+S\ ;$$

$$2KMnO_4+3H_2SO_4+5H_2S=K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O+5S$$

(v) অধিকাংশ ধাতব যৌগের সহিতই হাইড্রোজেন সালফাইড সরাসরি বিক্রিয়া করে এবং এই বিক্রিয়ায় ধাতব সালফাইড উৎপন্ন হয়।

$Pb+H_2S=PbS+H_2$; $2Ag+H_2S=Ag_2S+H_2$ প্রভৃতি।

ধাতব লবণের দ্রবণের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন সালফাইড প্রবাহিত করিলে কোন কোন ধাতু ধাতব সালফাইড হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হয়। যথা,

$CuSO_4 + H_2S = CuS$ (কালো অধঃক্ষেপ) $+ H_2SO_4$,

$CdCl_2 + H_2S = CdS$ (হলুদ অধঃক্ষেপ) $+ 2HCl$.

হাইড্রোজেন সালফাইডের আবশ্যকতা : রসায়নাগারে হাইড্রোজেন সালফাইড বিজারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। কিন্তু রাসায়নিক বিশ্লেষণেই ইহার ব্যবহার বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

বিভিন্ন ধাতব সালফাইড বিভিন্ন দ্রাবকে (solvent) দ্রবণীয়। কতকগুলি ধাতব সালফাইড জলে বা H_2S-এর জলীয় দ্রবণে দ্রাব্য। Na, K, Ca এবং Mg-এর সালফাইডসমূহ এই শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত। জলে ক্যালসিয়াম সালফাইডের দ্রাব্যতা খুব কম বটে কিন্তু H_2S-এর জলীয় দ্রবণে ইহার দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পায়। $CaS + H_2S = Ca(HS)_2$. এই ধাতুগুলি বিশ্লেষণী গ্রুপের IV এবং V গ্রুপের অন্তর্ভুক্ত। আবার কতকগুলি যেমন, Zn, Mn, Ni এবং Co-এর সালফাইড অ্যাসিডে দ্রবণীয় কিন্তু জলে, লঘু ক্ষারে বা অ্যামোনিয়ায় অদ্রাব্য। ইহারা III-B গ্রুপের অন্তর্ভুক্ত। পরন্তু অপর কতকগুলি সালফাইড যেমন, Hg, Pb, Bi, Cu, Cd, As, Sb এবং Sn-এর সালফাইড জলে বা অতি লঘু অ্যাসিডে অদ্রবণীয়। ইহাদের মধ্যে Pb, Bi, Cd এবং Cu-এর সালফাইড লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে এবং Sb ও Sn-এর সালফাইড গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়। এই ধাতুগুলির প্রথম পাঁচটি বিশ্লেষণী গ্রুপের II-A এবং শেষের তিনটি II-B গ্রুপের অন্তর্ভুক্ত। অতএব, উপরিউক্ত ধাতুগুলির বিভিন্ন বিশ্লেষণী গ্রুপের অন্তর্ভুক্ত দুই বা ততোধিক ধাতব লবণের মিশ্রণ হইতে ধাতুগুলিকে হাইড্রোজেন সালফাইডের সাহায্যে বিভিন্ন বিশ্লেষণী গ্রুপে বিভক্ত করা যায়। একটি উদাহরণের সাহায্যে ইহা সহজেই বুঝা যাইবে। মনে কর একটি দ্রবণে সোডিয়াম, জিঙ্ক এবং কপারের লবণ আছে। লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সাহায্যে দ্রবণটিকে আম্লিক কর এবং একটু উত্তপ্ত করিয়া আম্লিক দ্রবণের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রবাহিত কর। একমাত্র কপার, কপার সালফাইড (কালো) হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহাকে ছাঁকিয়া লও এবং পরিস্রুতটিকে তাপপ্রয়োগে ফুটাইয়া হাইড্রোজেন সালফাইড দূরীভূত কর এবং

পরে উহার ভিতর অ্যামোনিয়া এমনভাবে ঢাল যাহাতে উহা ক্ষারীয় ধর্মসম্পন্ন হয়। ইহার ভিতর দিয়া এখন হাইড্রোজেন সালফাইড পরিচালনা কর। সাদা জিঙ্ক সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। কিন্তু সোডিয়ামের লবণ দ্রবণে থাকিয়া যাইবে। জিঙ্ক সালফাইডকে ছাঁকিয়া দ্রবণ হইতে পৃথক্ করিয়া লও।

কোন কোন ধাতব সালফাইড বিভিন্ন রঙবিশিষ্ট বলিয়া অনেক সময় ধাতব সালফাইডের বিশিষ্ট রঙের সাহায্যে ধাতুকে সনাক্ত করা যায়। যেমন, জিঙ্ক সালফাইড, ক্যাডমিয়াম সালফাইড এবং অ্যান্টিমনি সালফাইডের রঙ যথাক্রমে সাদা, হলুদ এবং কমলা।

বস্তুতঃ অজৈব লবণের রাসায়নিক বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন সালফাইডের ভূমিকা অসামান্য।

একবিংশ অধ্যায়

ক্লোরিন ও ইহার যৌগ

(Chlorine and its compounds)

21-1. ক্লোরিন (Chlorine)

চিহ্ন Cl, পারমাণবিক গুরুত্ব 35·5, আণবিক সঙ্কেত Cl_2, পরমাণু ক্রমাঙ্ক 17.

ইতিবৃত্ত ও অবস্থান : হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সহিত উত্তপ্ত করিয়া সুইডিস বিজ্ঞানী সিলে 1774 খ্রীষ্টাব্দে এই গ্যাসটি প্রস্তুত করেন। এই গ্যাসটি আবিষ্কারের প্রধান কৃতিত্ব তাহার প্রাপ্য হইলেও ইহা যে একটি মৌলিক পদার্থ তাহা প্রমাণ করেন ব্রিটিশ বিজ্ঞানী ডেভি। ইহা দেখিতে সবুজাভ-হলুদ (greenish yellow) বলিয়া তিনি ইহার নাম দেন ক্লোরিন।

ক্লোরিন প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। কিন্তু ক্লোরাইড হিসাবে ধাতুর সহিত মুক্ত অবস্থায় ইহা প্রকৃতিতে পর্যাপ্ত পরিমাণে পাওয়া যায়। সমুদ্রের জল এবং লবণ-খনিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) বহুল পরিমাণে বিদ্যমান। ইহা ছাড়া, জার্মানীর স্টাসফুর্ট স্তূপে পটাসিয়াম ক্লোরাইড (KCl) এবং পটাসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের যুক্ত ক্লোরাইড (KCl, $MgCl_2$, $6H_2O$) যথেষ্ট পরিমাণে পাওয়া যায়। এই সকল প্রকৃতিলব্ধ যৌগই ক্লোরিনের প্রধান ভাণ্ডার।

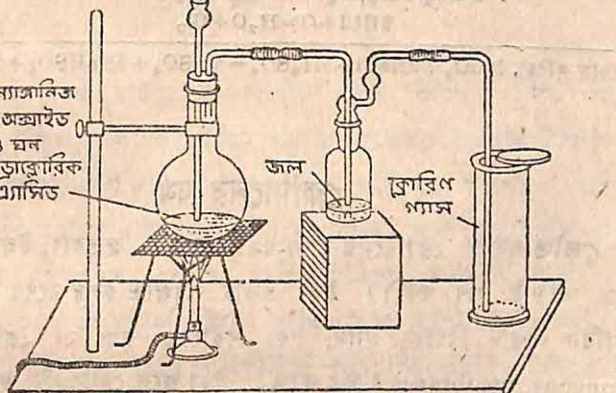
প্রস্তুতি (Preparation)

রসায়নাগার পদ্ধতি—নীতি : হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে বিভিন্ন জারক দ্রব্য, যথা—MnO_2, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, HNO_3 প্রভৃতি দ্বারা জারিত করিলে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। রসায়নাগারে সাধারণত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড দ্বারা জারিত করা হয়। বিক্রিয়াটিকে মোটামুটি নিম্নলিখিত সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ করা যায় :—

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

পরীক্ষা : একটি দীর্ঘনাল-ফানেল ও একটি নির্গমনলযুক্ত কূপীতে (flask) খানিকটা ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড [বা, পাইরোলুসাইট খনিজ (MnO_2)] লও। এখন দীর্ঘনাল ফানেলের সাহায্যে কূপীর মধ্যে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢাল, যাহাতে দীর্ঘনাল ফানেলের ভিতরের প্রান্তটি এবং ম্যাঙ্গানিজ

ডাই-অক্সাইড সম্পূর্ণরূপে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ডুবিয়া থাকে। ধারকের সাহায্যে কূপীটি তারজালির উপর বসাও এবং বুনসেন দীপের সাহায্যে আস্তে আস্তে উত্তপ্ত কর। ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হইবে এবং উহা নির্গম নল দিয়া বাহির হইতে থাকিবে। এই গ্যাসের সহিত খানিকটা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস মিশ্রিত থাকে। ইহাকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে মুক্ত করিতে হইলে গ্যাসমিশ্রণটি নির্গম নলের মাধ্যমে অর্ধেক জলপূর্ণ একটি চ্যাপ্টা তলবিশিষ্ট গ্যাস ধাবকের ভিতর দিয়া অথবা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের কেলাসপূর্ণ U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত কর। এখন বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা গ্যাসজারে ক্লোরিন সংগ্রহ কর।



রসায়নাগারে ক্লোরিন প্রস্তুতি

এই গ্যাসকে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ করিতে হইলে ইহাকে যথারীতি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডমুক্ত করিয়া অপর একটি গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ গ্যাস ধাবকের মধ্য দিয়া প্রবাহিত কর। ইহাতে ক্লোরিনের সহিত মিশ্রিত জলীয় বাষ্প দূরীভূত হইয়া যাইবে।

ক্লোরিনকে শীতল জল বা পারদের উপর সংগ্রহ করা যায় না। কারণ, শীতল জলে ক্লোরিনের দ্রাব্যতা সমধিক এবং পারদ ক্লোরিন দ্বারা আক্রান্ত হয়।

ক্রিয়াঃ ক্লোরিন উৎপন্নের বিক্রিয়াটি দুই ধাপে সম্পন্ন হয়। প্রথমতঃ, শীতল অবস্থায় ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সম্ভবত $MnCl_4$ ও $MnCl_3$ গঠিত হয়। এই উচ্চ ক্লোরাইডগুলি

(higher chlorides) পরে তাপের প্রভাবে ম্যাঙ্গানিজ ক্লোরাইড ও ক্লোরিনে বিশ্লিষ্ট হইয়া যায় :

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_4 + 2H_2O$$

$$2MnO_2 + 8HCl = 2MnCl_3 + 4H_2O + Cl_2$$

$$MnCl_4 = MnCl_2 + Cl_2$$

$$2MnCl_3 = 2MnCl_2 + Cl_2$$

ক্লোরিন প্রস্তুত করিবার জন্য ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে খাদ্য লবণ, 50% সালফিউরিক অ্যাসিড এবং ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করা যাইতে পারে।

$$2NaCl + 2H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + 2HCl$$

$$MnO_2 + H_2SO_4 = MnSO_4 + H_2O + O$$

$$2HCl + O = H_2O + Cl_2$$

যোগ করিয়া, $MnO_2 + 2NaCl + 3H_2SO_4 = MnSO_4 + 2NaHSO_4 + Cl_2 + 2H_2O$

ক্লোরিনের ধর্ম

ভৌত ধর্ম : ক্লোরিনের বাষ্প-ঘনত্ব 35·5। সুতরাং, ইহা বায়ু অপেক্ষা প্রায় আড়াই গুণ ভারী। ইহা একটি সবুজাভ হলুদ বর্ণের ঝাঁঝাল গ্যাস। ক্লোরিন একটি বিষাক্ত গ্যাস, ইহা শরীরের ত্বক বা শ্লৈষ্মিক ঝিল্লীকে (mucous membranes) ক্ষয় করে। ইহা জলে মোটামুটি দ্রাব্য। ইহাকে সহজেই তরল করা যায়।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) ক্লোরিন একটি সক্রিয় গ্যাস। ধাতব ও অধাতব বহু মৌলের সহিত ক্লোরিন সরাসরিভাবে যুক্ত হইয়া ক্লোরাইড নামক যৌগ গঠন করে। ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়ায় আয়রন, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতু উহাদের ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

$$2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$$

(ii) ক্লোরিন নিজে অদাহ্য কিন্তু অপরের দহনে সহায়তা করে। ফসফরাস, আর্সেনিক, সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতি ক্লোরিনের সংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া উঠে এবং উহাদের ক্লোরাইড গঠিত হয়।

$$2P + 3Cl_2 = 2PCl_3, \quad 2P + 5Cl_2 = 2PCl_5$$

$$2Na + Cl_2 = 2NaCl, \quad 2As + 3Cl_2 = 2AsCl_3$$

(iii) জলের সহিত ক্লোরিনের বিক্রিয়া জলের অবস্থাভেদে নানাভাবে ঘটিয়া থাকে। 0°C উষ্ণতায় অর্থাৎ হিমশীতল জলের ভিতর ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে $Cl_2, 8H_2O$ (ক্লোরিন হাইড্রেট) কেলাসিত হয়। সাধারণ উষ্ণতায় ক্লোরিন গ্যাস জলে দ্রবীভূত হয় এবং এই দ্রবণকে ক্লোরিন-জল বা chlorine water বলা হয়। ক্লোরিনের জলীয় দ্রবণ আস্তে আস্তে হাইড্রোক্লোরিক এবং হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডে পরিণত হয়। $Cl_2+H_2O=HCl+HOCl$ এবং সূর্যালোক এই বিক্রিয়ার সহায়তা করে। কিন্তু তীব্র সূর্যালোকে ক্লোরিন জল, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। $2Cl_2+2H_2O=4HCl+O_2$। অতএব ক্লোরিন জল অনেকক্ষণ রাখা যায় না। ক্লোরিন জলীয় বাষ্পের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

(iv) ক্লোরিনের হাইড্রোজেন-আসক্তি খুব প্রবল। কিন্তু সাধারণ উষ্ণতায় এবং সম্পূর্ণ অন্ধকারে ক্লোরিন এবং হাইড্রোজেনের কোন বিক্রিয়া ঘটে না। তবে, হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের মিশ্রণ যদি অল্প আলোতে রাখা হয় তাহা হইলে ধীরে ধীরে হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের মধ্যে রাসায়নিক সংযোগ ঘটে। কিন্তু সূর্যালোকে এই সংযোগটি বিস্ফোরণ সহকারে সংঘটিত হয়। হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের মিশ্রণে অগ্নিসংযোগ করিলেও বিস্ফোরণ ঘটিয়া থাকে। $H_2+Cl_2=2HCl$। ক্লোরিন অন্য যৌগস্থিত হাইড্রোজেনের সহিতও যুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গঠন করে। তারপিন তৈলসিক্ত একখানা ফিল্টার কাগজ ক্লোরিন গাসের ভিতর ধরিলে কাগজখানা জলিয়া ওঠে। এই বিক্রিয়ায় কার্বন এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

(v) হাইড্রোজেনের প্রতি ক্লোরিনের এইরূপ প্রবল আসক্তি ক্লোরিনের জারণ ক্ষমতার অন্যতম কারণ। যথা, হাইড্রোজেন সালফাইডের হাইড্রোজেনকে অপসারিত করিয়া ক্লোরিন হাইড্রোজেন সালফাইডকে জারিত করে এবং নিজে বিজারিত হয়। $H_2S+Cl_2=S+2HCl$, তবে ক্লোরিন নিজে তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল বলিয়া কোন কোন সময়ে পদার্থের সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া উহাকে জারিত করে। যথা, ফেরাস ক্লোরাইড ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া ফেরিক ক্লোরাইডে জারিত হয়।

$$2FeCl_2+Cl_2=2FeCl_3$$

আবার কোন কোন ক্ষেত্রে জলের উপস্থিতিতে কোন কোন পদার্থের সহিত অক্সিজেন যুক্ত করিয়াও ক্লোরিন জারণ-ক্রিয়া সম্পন্ন করে। যথা, জলের উপস্থিতিতে ক্লোরিন সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে।

$$SO_2 + Cl_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HCl.$$

(vi) ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় ব্রোমাইড এবং আয়োডাইড হইতে যথাক্রমে ব্রোমিন এবং আয়োডিন মুক্ত হয়।

$$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2,\ 2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$$

(vii) ক্ষারের সহিত ক্লোরিনের বিক্রিয়া : শীতল ও লঘু ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় ক্লোরিন, ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট গঠন করে। যথা, শীতল ও লঘু কষ্টিক সোডার সহিত ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ক্লোরাইড, সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট এবং জল উৎপন্ন হয়।

$$Cl_2 + 2NaOH = NaCl + NaOCl + H_2O$$

উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইলে বা অতিরিক্ত ক্লোরিন প্রবাহিত করিলে উৎপন্ন হাইপোক্লোরাইট লবণগুলি ক্লোরেট ও ক্লোরাইড লবণে পরিণত হয়।

$$3NaOCl = NaClO_3 + 2NaCl$$

ক্ষারের গাঢ় দ্রবণের ভিতর দিয়া অধিকতর উষ্ণতায় অতিরিক্ত ক্লোরিন গ্যাস চালনা করিলে ক্লোরেট এবং ক্লোরাইড লবণ উৎপন্ন হয়।

$$6NaOH + 3Cl_2 = 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O$$

চুনের জল (lime water) একটি ক্ষারীয় পদার্থ ; সুতরাং ক্লোরিনের সহিত ইহারও একইরূপ বিক্রিয়া ঘটে।

শীতল চুনজলে অপেক্ষাকৃত কম ক্লোরিন প্রবাহিত করিলে,

$$2Ca(OH)_2 + 2Cl_2 = CaCl_2 + Ca(OCl)_2 + 2H_2O$$

এবং উষ্ণ চুনজলে অতিরিক্ত ক্লোরিন প্রবাহিত করিলে,

$$6Ca(OH)_2 + 6Cl_2 = 5CaCl_2 + Ca(ClO_3)_2 + 6H_2O.$$

শুষ্ক কলি-চুনের (slaked lime) উপর দিয়া 40°C উষ্ণতায় ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিলে ব্লিচিং পাউডার নামক পদার্থ উৎপন্ন হয়।

$$Cl_2 + Ca(OH)_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O$$

ক্লোরিন একটি তীব্র বিরঞ্জন গুণবিশিষ্ট গ্যাস। ইহা জলের সহিত বিক্রিয়ায় জায়মান অক্সিজেন উৎপন্ন করে। এই জায়মান অক্সিজেনই জৈব রঙসমূহকে

বিরঞ্জন করে। সুতরাং জারণ ক্ষমতার দ্বারাই ক্লোরিন বিরঞ্জনের কাজ করে এবং অনার্দ্র ক্লোরিনের কোন বিরঞ্জন ক্ষমতা নাই। 'সালফার ও ইহার যৌগ'-শীর্ষক অধ্যায়ে এসম্পর্কে আলোচনা করা হইয়াছে।

(viii) ক্লোরিন প্রত্যক্ষভাবে কতকগুলি অ-ধাতব অক্সাইডের সহিত সংযুক্ত হইয়া যুত-যৌগিক গঠন করে।

$CO + Cl_2 = COCl_2$ (কার্বনিল ক্লোরাইড)

$2NO + Cl_2 = 2NOCl$ (নাইট্রোসিল ক্লোরাইড)

ব্যবহার : (i) ব্লিচিং পাউডার, ক্লোরোফর্ম, ক্লোরেট, ক্লোরাইড ইত্যাদি প্রস্তুত করিবার জন্য, (ii) পানীয় জল জীবাণুমুক্ত করিতে ক্লোরিন ব্যবহার করা হয়। ইহা ছাড়া, (iii) বিশুদ্ধ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে, (iv) ফসজিন গ্যাস, মাস্টার্ড গ্যাস প্রভৃতি বিষাক্ত গ্যাস প্রস্তুতকরণে এবং (v) কাগজ ও বস্ত্রশিল্পে বিরঞ্জক হিসাবে ক্লোরিন ব্যবহৃত হয়।

21-2. হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (Hydrogen Chloride)

সঙ্কেত HCl, আণবিক গুরুত্ব 36·5.

ইতিবৃত্ত ও অবস্থান : 1810 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী ডেভি প্রমাণ করেন যে ইহা একটি যৌগিক পদার্থ। স্বাভাবিক উষ্ণতায় ইহা গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের যৌগ বলিয়া গ্যাসীয় অবস্থায় ইহাকে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বলে এবং প্রকৃতিতে অ্যাসিড বলিয়া ইহাকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসও বলা হয়। জলে ইহার দ্রাব্যতা অধিক এবং এই জলীয় দ্রবণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড নামে পরিচিত।

আগ্নেয়গিরি হইতে উত্থিত গ্যাসে কখনও কখনও ইহার অস্তিত্ব দেখা যায়। পাকাশয়ে সৃষ্ট রসে (gastric juice) এই অ্যাসিড মুক্ত অবস্থায় খুব স্বল্প পরিমাণে বিদ্যমান। যুক্ত অবস্থায় বিভিন্ন ধাতব লবণ যথা, NaCl, KCl ইত্যাদি হিসাবে ইহা প্রকৃতিতে পর্যাপ্ত পরিমাণে পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি (Preparation)

রসায়নাগার পদ্ধতি—নীতি : খাদ্য লবণের উপর গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি দুই ধাপে সম্পন্ন হয়। প্রথমে কম উষ্ণতায় (150°—200°C) সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। পরে উষ্ণতা

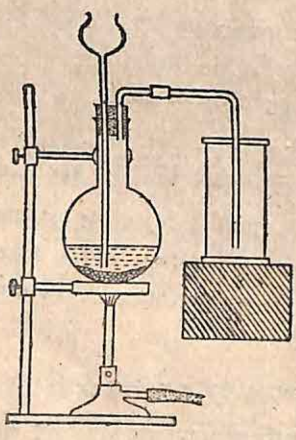
500° সেন্টিগ্রেডের উর্ধ্বে তুলিলে, সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট উদ্বৃত্ত সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত পুনরায় রাসায়নিক সংযোগে সোডিয়াম সালফেট এবং আরও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠন করে। কিন্তু রসায়নাগারে বিক্রিয়ার এই দ্বিতীয় ধাপটি সাধারণত করা হয় না।

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$

$$NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl$$

[উদ্বায়ী হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অপেক্ষাকৃত কম উদ্বায়ী সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।]

পরীক্ষা ঃ একটি নির্গম-নল ও একটি দীর্ঘ-নাল ফানেলযুক্ত কূপীতে খানিকটা খাদ্যলবণ লও। দীর্ঘ-নাল ফানেলের মাধ্যমে কূপীর মধ্যে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাল যাহাতে সমস্ত সোডিয়াম ক্লোরাইড (খাদ্যলবণ) উহা দ্বারা আবৃত হইয়া যায় এবং কেবল দীর্ঘ-নাল ফানেলের ভিতরের প্রান্ত অ্যাসিডে ডুবিয়া থাকে। পদার্থ দুইটি সংস্পর্শে আসা মাত্রই হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি শিথিল হইয়া আসিলে কূপীটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত কর এবং নির্গম নল দিয়া যে গ্যাস বাহির হইতে থাকে উহাকে সালফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ গ্যাসধাবকের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া অনার্দ্র কর। এই অনার্দ্র গ্যাস বায়ুর উর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা অথবা পারদের উপর গ্যাসজারে সংগ্রহ কর।



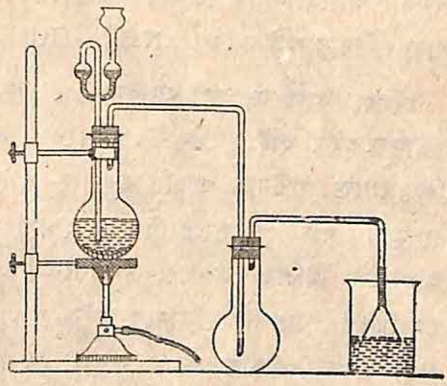
হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতির রসায়নাগার পদ্ধতি

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতি :—

একটি কূপীতে (flask) যথারীতি সোডিয়াম ক্লোরাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত কর এবং এই উৎপাদিত হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসটি নির্গমনলের সাহায্যে একটি খালি ফ্লাস্কের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করাইয়া জলপূর্ণ বীকারের ভিতর প্রবেশ করাও। ইহা অপেক্ষা আরও উন্নততর ব্যবস্থা হইল দ্বিতীয় নির্গমনলের মুখ সরাসরি জলের ভিতর

প্রবেশ না করাইয়া উহার মুখে একটি ফানেল এরূপভাবে অঁাটিয়া দেওয়া যাহাতে ফানেলের মুখ বীকারের জলের সমতলে থাকে। গ্যাস ফানেলের মাধ্যমে জলের সংস্পর্শে আসিবে।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস জলে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন করে। অনেকক্ষণ ধরিয়া গ্যাসটি জলের ভিতর প্রবাহিত করিলে একটি সম্পৃক্ত দ্রবণ তৈরী হয় এবং ইহাকেই গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বলা হয়।



হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতি

ধর্ম (Properties)

ভৌত ধর্ম: হাইড্রোজেন ক্লোরাইড একটি বর্ণহীন, শ্বাসরোধী এবং অপ্রীতিকর ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী। চাপ ও শৈত্য প্রয়োগে ইহাকে তরলে পরিণত করা যায়। ইহা জলে অধিক পরিমাণে দ্রাব্য এবং এই জলীয় দ্রবণকেই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বলা হয়। ইহা যে জলে অধিক পরিমাণে দ্রাব্য তাহা ঠিক অ্যামোনিয়ার মত "ফোয়ারা পরীক্ষার" সাহায্যে দেখান যায়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের লঘু দ্রবণকে পাতিত করিলে প্রথমে জল বাষ্পীভূত হইয়া যাইবে এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গাঢ় হইবে। কিন্তু গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পাতিত করিলে প্রথমে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস দূরীভূত হইতে থাকিবে এবং অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব কমিয়া আসিবে। এইভাবে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের যে কোন দ্রবণকে (লঘু বা গাঢ়) পাতিত করিতে থাকিলে, উহার গাঢ়ত্ব বাড়িয়া বা কমিয়া উহাতে যখন মোট ওজনের শতকরা 20·2 ভাগ HCl থাকিবে তখন দ্রবণটি একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় (110°C) সমগ্রভাবে পাতিত হইবে।

রাসায়নিক ধর্ম: ইহা দাহ্য নয় এবং দহনের সহায়কও নহে। একটি জলন্ত শলাকা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসপূর্ণ জারের ভিতর প্রবেশ করাইলে, শলাকাটি নিভিয়া যায় এবং গ্যাসটিও জলে না।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড একটি অম্লজাতীয় যৌগ। ইহার সংস্পর্শে নীল লিটমাস লাল হইয়া যায়। জলে ইহার অণুগুলি বিশ্লিষ্ট হইয়া H^+ ও Cl^- আয়নে

পরিণত হয়। $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$; ইহার জলীয় দ্রবণ তড়িৎ পরিবহনে সক্ষম। অ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি করে। $NH_3 + HCl = NH_4Cl$.

জিঙ্ক, আয়রন, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। যথা, $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$ কিন্তু গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতি বর-ধাতু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হয় না। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক এবং গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড 3 : 1 আয়তনিক অনুপাতে মিশ্রিত করিলে, মিশ্রণকে অম্লরাজ [aqua regia) বলা হয়। এই মিশ্রণ গোল্ড ও প্লাটিনামকে দ্রবীভূত করিতে পারে। তপ্ত ও গাঢ় অ্যাসিড দ্বারা লেড আক্রান্ত হয়। কপার ও সিলভার অক্সিজেনের উপস্থিতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হয়।

$$4Ag + 4HCl + O_2 = 4AgCl + 2H_2O.$$

অ্যাসিডের স্বভাবজাত ধর্মানুসারে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ক্ষার জাতীয় পদার্থের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া লবণ ও জল গঠন করে। যথা,

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O.$$

ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, লেড ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি জারক দ্রব্যের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। কিন্তু পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট সাধারণ উষ্ণতায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করিয়া ক্লোরিন উৎপন্ন করে।

$$4HCl + MnO_2 = Cl_2 + MnCl_2 + 2H_2O$$

$$16HCl + 2KMnO_4 = 2KCl + 2MnCl_2 + 5Cl_2 + 8H_2O.$$

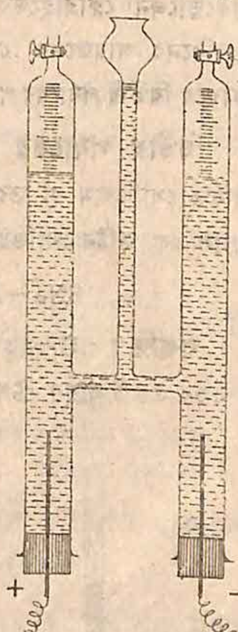
ক্লোরাইড লবণগুলি সাধারণত জলে দ্রবণীয়। কিন্তু সিলভার, লেড এবং মারকিউরাস মারকারির ক্লোরাইড জলে অদ্রবণীয়। সুতরাং এই ধাতুগুলির দ্রবণীয় লবণসমূহ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসা মাত্রই সাদা অধঃক্ষেপ পাতিত হয়।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সংযুতি (composition) : হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তন-সংযুতি সাংশ্লেষিক (synthetic) ও বৈশ্লেষিক (analytical) এই দুই পদ্ধতির দ্বারাই নির্ণয় করা যায়।

বৈশ্লেষিক পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে সংযুতি নির্ধারণ করিতে হইলে দুইটি পরীক্ষা নিষ্পন্ন করিতে হয়।

(A) **নীতি ঃ** হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গাঢ় জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন গ্যাস দুইটির আয়তন মাপা হয়।

পদ্ধতি ঃ তিনটি বাহুবিশিষ্ট একটি ভল্টামিটারে এই তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রক্রিয়া নিষ্পন্ন করা হয়। ভল্টামিটারের পার্শ্ব বাহুদ্বয় অংশাঙ্কিত ও সমান আয়তনবিশিষ্ট এবং উহাদের উভয়ের তলদেশে কর্কের মাধ্যমে একটি করিয়া কার্বন তড়িৎ-দ্বার ঢুকানো আছে। মধ্যের বাহুটি অংশাঙ্কিত নয় এবং উহার খোলা মুখটি বাল্‌বের আকৃতিবিশিষ্ট। বাল্‌বের মাধ্যমে মধ্যের বাহুতে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিয়া যন্ত্রটি অ্যাসিডে পূর্ণ করা হয় (চিত্র দেখ) এবং পার্শ্ব বাহুদ্বয়ের উপরের মুখে যে স্টপকক্ আছে উহা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। অতঃপর কার্বন তড়িৎ-দ্বার দুইটি কোন ব্যাটারীর মেরুদ্বয়ের সহিত যুক্ত করিয়া তড়িৎ প্রবাহ চালনা করা হয়। ইহার ফলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড তড়িৎ-বিশ্লেষিত হয় এবং ক্যাথোডে হাইড্রোজেন সঞ্চিত হয়, কিন্তু অ্যানোডে যে ক্লোরিন উৎপন্ন হয় উহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় যতক্ষণ না হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ক্লোরিন দ্বারা সম্পৃক্ত হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ক্লোরিনে সম্পৃক্ত হইলে অতিরিক্ত ক্লোরিন অ্যানোডে সঞ্চিত হয়। স্টপককদ্বয় খুলিয়া সঞ্চিত গ্যাস বাহির করিয়া দেওয়া হয়, এবং ক্লোরিনে সম্পৃক্ত এই অ্যাসিড দ্রবণ দ্বারা পার্শ্বনল দুইটিই পুনরায় ভর্তি করিয়া লওয়া হয়।



বৈশ্লেষিক পদ্ধতি ঃ সংযুতি নির্ণয়ে প্রথম পর্যায়ের পরীক্ষা

স্টপককৃদ্বয় বন্ধ করিয়া পুনরায় তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করা হয়। তড়িৎ-প্রবাহের ফলে ক্যাথোডে এবং অ্যানোডে যে গ্যাস সঞ্চিত হয় দেখা যায় উহাদের আয়তন সর্বদাই সমান। ক্যাথোডে সঞ্চিত গ্যাস শব্দ করিয়া বায়ুতে

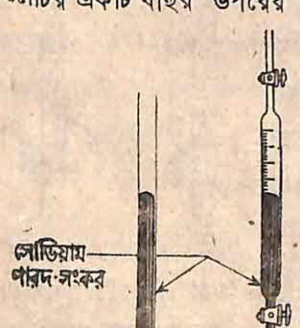
নীলাভ শিখার সহিত জলিয়া ওঠে এবং জল উৎপন্ন করে—অতএব ইহা হাইড্রোজেন ছাড়া কিছুই নহে। অ্যানোডে সঞ্চিত গ্যাসের বর্ণ সবুজাভ হলুদ এবং ইহার সংস্পর্শে স্টার্চ আয়োডাইড কাগজ নীলবর্ণ ধারণ করে—অতএব, ইহা ক্লোরিন গ্যাস। এই পরীক্ষা হইতে প্রমাণিত হয় যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সম-আয়তন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন দ্বারা গঠিত।

(B) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন কি আয়তনের অনুপাতে বর্তমান উপরিউক্ত পরীক্ষা দ্বারা কেবল তাহাই জানা যায়। কিন্তু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনের সহিত উহার উপাদান হাইড্রোজেন বা ক্লোরিনের আয়তনের যে-সম্পর্ক বিদ্যমান তাহা জানা সম্ভবপর নয়। এই কারণে দ্বিতীয় পর্যায়ের পরীক্ষা চালান হয়।

দ্বিতীয় পর্যায়ের পরীক্ষা—নীতি: হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের সহিত সোডিয়াম বা তরল সোডিয়াম পারদসংকরের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস এবং কঠিন সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$2Na-Hg+2HCl=2NaCl+H_2+2Hg$$

পদ্ধতি: U-আকৃতিবিশিষ্ট একটি বিশেষ ধরনের নল লওয়া হয়। এই নলটির একটি বাহুর উপরের ও নীচের দিকে দুইটি স্টপকক্ লাগানো থাকে। স্টপ-কক্‌দ্বয়ের মধ্যবর্তী নলটুকু অংশাঙ্কিত। U-নলের অপর বাহুর নীচের দিকে স্টপ-কক্‌যুক্ত একটি নির্গম-নল আছে। প্রথম বাহুর স্টপ-কক্‌দ্বয়ের মধ্যবর্তী অংশটুকু শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিয়া লওয়া হয়। এই বাহুর অবশিষ্টাংশ ও অপর বাহুটি তরল সোডিয়াম পারদ সংকর দ্বারা পূর্ণ করা হয়। অতঃপর প্রথম বাহুর নীচের স্টপ-কক্‌টি খুলিয়া দেওয়া হয়। ফলে তরল পারদসংকরের সহিত হাইড্রোজেন ক্লোরাইড-এর নিবিড় সংমিশ্রণ ঘটে এবং উপরে বর্ণিত রাসায়নিক বিক্রিয়াটি সংঘটিত হয়। বিক্রিয়া শেষে যন্ত্রটিকে শীতল করিয়া উভয় নলের পারদসংকর একই তলে আনিলে দেখা



বৈশ্লেষিত পদ্ধতি: সংযুতি নির্ণয়ে দ্বিতীয় পর্যায়ের পরীক্ষা

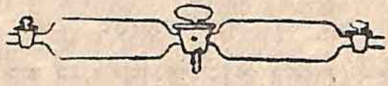
যায় যে অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন যতটা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস লওয়া হইয়াছিল তাহার আয়তনের অর্ধেক। অবশিষ্ট গ্যাস শব্দ-সহকারে বায়ুতে নীলাভ শিখার সহিত জ্বলিয়া জল উৎপন্ন করে, সুতরাং এই গ্যাস হাইড্রোজেন। এই পরীক্ষা হইতে প্রমাণিত হইল যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উহার অর্ধেক আয়তনের হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত।

অতএব, এই দুই পর্যায়ের পরীক্ষা দ্বারা সন্দেহাতীতভাবে প্রমাণিত হইল যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উহার অর্ধায়তন পরিমাণ হাইড্রোজেন ও অর্ধায়তন পরিমাণ ক্লোরিনের সংযোগে গঠিত।

সাংশ্লেষিত পদ্ধতি :

যন্ত্র : দুইদিকে দুইটি সম-আয়তনের কাচের বাল্‌ব একটি স্টপকক্‌-যুক্ত কাচ-নলের মাধ্যমে সংযুক্ত থাকে। বাল্‌ব দুইটির অপর প্রান্তে একটি করিয়া স্টপকক্‌ লাগান থাকে।

পরীক্ষা : একই উষ্ণতায় এবং চাপে একটি বাল্‌ব হাইড্রোজেন গ্যাস এবং অপরটি ক্লোরিন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিয়া যন্ত্রটির প্রান্তে অবস্থিত স্টপ-কক্‌দ্বয় বন্ধ করা হয়। এখন মধ্যবর্তী স্টপককটি খুলিয়া যন্ত্রটিকে কয়েক ঘণ্টা ঘরের আলোতে (diffused sun-light) রাখিয়া দেওয়া হয়। হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের রাসায়নিক সংযোগে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়া শেষে যন্ত্রটি শীতল হইতে দেওয়া হয়।



সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তন-সংযুতি নির্ণয়ের পরীক্ষা-যন্ত্র

পর্যবেক্ষণ : যন্ত্রটির একপাশের মুখ একটি পারদপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া যন্ত্রটির সেই পাশের স্টপকক খুলিয়া দিলে, কোন গ্যাস বাহির হয় না বা পারদ যন্ত্রের ভিতর প্রবেশ করে না। কিন্তু পারদের পরিবর্তে যন্ত্রটির মুখ জলপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া স্টপকক্‌ খুলিলে জল যন্ত্রের ভিতর প্রবেশ করে এবং উহাকে সম্পূর্ণরূপে ভর্তি করিয়া ফেলে। আবার এই উৎপন্ন দ্রবণ পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে উহা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের দ্রবণ ছাড়া আর কিছুই নহে—উহাতে মুক্ত ক্লোরিনের কোন অস্তিত্ব নাই।

সিদ্ধান্ত : যেহেতু বাল্‌ব দুইটি সম-আয়তন বিশিষ্ট এবং যেহেতু যন্ত্রটি পরীক্ষাশেষে জলদ্বারা সম্পূর্ণরূপে ভর্তি হইয়া যায়, **সম-আয়তনের** হাইড্রোজেন

এবং ক্লোরিন **সম্পূর্ণরূপে** মিলিত হইয়াছে। আবার যেহেতু, কোন পারদ যন্ত্রের ভিতর প্রবেশ করে না বা কোন গ্যাসও যন্ত্র হইতে নির্গত হয় না, উৎপন্ন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের **আয়তন** হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের যুক্ত আয়তনের সমান।

সুতরাং, একই উষ্ণতা ও চাপে 1-ঘনায়তন হাইড্রোজেন 1-ঘনায়তন ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া 2-ঘনায়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস গঠন করে।

আণবিক সঙ্কেত নির্ণয়ঃ অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী, প্রতি ঘন সেন্টিমিটার গ্যাসে যদি অণুর সংখ্যা n হয়, তাহা হইলে n-অণু হাইড্রোজেন n-অণু ক্লোরিনের সহিত সংযুক্ত হইয়া 2n-অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস গঠন করে।

বা, $\frac{n}{2}$-অণু হাইড্রোজেন $\frac{n}{2}$ অণু ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া n-অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস গঠন করে।

বা, $\frac{1}{2}$-অণু হাইড্রোজেন $\frac{1}{2}$-অণু ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া 1-অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস গঠন করে।

অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন অণু দ্বিপরমাণুক।

$\therefore$ 1টি হাইড্রোজেন পরমাণু 1টি ক্লোরিন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া 1-অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠন করে।

$\therefore$ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক সঙ্কেত HCl।

প্রকৃত পরীক্ষায় জানা যায় যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের বাষ্প ঘনত্ব $=18{\cdot}25$।

$\therefore$ ইহার আণবিক গুরুত্ব $=2\times18{\cdot}25=36{\cdot}50$ এবং ইহা আণবিক সঙ্কেত HCl-এর সহিত সামঞ্জস্যপূর্ণ।

অতএব, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সঠিক আণবিক সঙ্কেত $=$ HCl.

21-3. বিরঞ্জক চূর্ণ (Bleaching powder)

কয়েকটি-সীসা নির্মিত প্রকোষ্ঠের মেঝেতে প্রায় তিন ইঞ্চির মত পুরু করিয়া কলিচুন-চূর্ণ ছড়াইয়া রাখা হয়। কলিচুনের আর্দ্রতা বেশী থাকা উচিত নহে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড মুক্ত ক্লোরিন গ্যাস নলের সাহায্যে প্রকোষ্ঠের ভিতর প্রবাহিত করা হয়। এই প্রণালীতে ওয়েলডন

ক্লোরিন অথবা সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে উপজাত হিসাবে প্রাপ্ত ক্লোরিন ব্যবহৃত হয়। কাঠের হাতলের সাহায্যে কলিচুন-চূর্ণ মাঝে মাঝে নাড়িয়া দেওয়া হয় যাহাতে ক্লোরিন সুষ্ঠুভাবে কলিচুনের সহিত মিশ্রিত হইতে পারে। বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠের উষ্ণতা 40°C-এর কাছাকাছি রাখা হয়। এইভাবে 24 ঘণ্টাব্যাপী ক্লোরিন চালনার ফলে কলিচুন বিরঞ্জক চূর্ণে (ব্লিচিং পাউডার) পরিণত হয়। বিক্রিয়া শেষে সামান্য পরিমাণ কলিচুন-চূর্ণ প্রকোষ্ঠের ভিতর ধুলার মত ছড়াইয়া দেওয়া হয় এবং বায়ুপ্রবাহ চালনা করা হয়। ইহার ফলে উদ্‌বৃত্ত ক্লোরিন অপসারিত হয়। অতঃপর কোদাল দিয়া মেঝে হইতে বিরঞ্জন-চূর্ণ কাঠের পিপাতে বা আলকাতরা মাখানো পিপাতে ভর্তি করিয়া পিপার মুখ বন্ধ করিয়া দেওয়া হয় এবং এইভাবে বিক্রয়ের জন্য বাজারে পাঠানো হয়।

ক্রিয়া ঃ ক্লোরিন 40°C উষ্ণতায় শুষ্ক-প্রায় কলিচুনের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিরঞ্জক চূর্ণ (ব্লিচিং পাউডার) উৎপন্ন করে।

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O$$

ব্যবহার ঃ ইহা জীবাণুনাশক হিসাবে জলকে জীবাণুমুক্ত করিবার জন্য, স্বাস্থ্যরক্ষায় প্রয়োজনে সংক্রামক জীবাণুর প্রতিষেধক হিসাবে, ক্লোরোফর্ম প্রস্তুতিতে, কাগজ ও বস্ত্রশিল্পে বিরঞ্জকরূপে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

বিরঞ্জন-প্রণালী ঃ কোন বস্ত্রকে বিরঞ্জন করিতে হইলে প্রথমে উহাকে লঘু কস্টিক সোডার দ্রবণে ফুটাইয়া জলে ধৌত করা হয়। ইহাতে বস্ত্রের তৈলাক্ত ময়লা দূর হইয়া যায়। ইহার পর বস্ত্রখানা বিরঞ্জক চূর্ণের দ্রবণে ডুবাইয়া লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে ধৌত করা হয়। অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় বিরঞ্জক চূর্ণ হইতে যে ক্লোরিন উৎপন্ন হয় তাহাই বিরঞ্জন-ক্রিয়া নিষ্পন্ন করে। বিরঞ্জিত বস্ত্রটি প্রথমে সোডা এবং পরে সোডিয়াম সাইফাইটের দ্রবণে ডুবাইয়া অ্যাসিড ও ক্লোরিনমুক্ত করা হয়। সর্বশেষে বস্ত্রখানা জলে ধৌত করিয়া রাসায়নিক দ্রব্যাদি অপসারিত করা হয়।

Available chlorine ঃ ব্লিচিং পাউডারের সহিত লঘু অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ব্লিচিং পাউডারের প্রতি 100 ভাগ ওজন হইতে যতভাগ ওজনের ক্লোরিন পাওয়া যায় তাহাকে available ক্লোরিন বলে। বাজারের ব্লিচিং পাউডারে সাধারণত 35-37% ক্লোরিন থাকে।

দ্বাবিংশ অধ্যায়

কার্বন ও ইহার যৌগ

(Carbon and its compounds)

22-1. কার্বন (Carbon)

সঙ্কেত C পারমাণবিক গুরুত্ব 12 পরমাণু ক্রমাঙ্ক 6

মৌলাবস্থায় কার্বন প্রকৃতিতে পর্যাপ্ত পরিমাণে পাওয়া যায়। হীরক, গ্রাফাইট, কয়লা ইত্যাদিতে কার্বন মৌলাবস্থায় বিদ্যমান। যুক্ত অবস্থায়ও ইহা প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে আছে। বায়ুতে ইহা কার্বন ডাই-অক্সাইড হিসাবে বর্তমান। পেট্রোলিয়াম, মার্সগ্যাস, বিভিন্ন খনিজ কার্বনেট—যথা, লাইমস্টোন, ডলোমাইট ইত্যাদি কার্বনের যৌগ। সকলপ্রকার উদ্ভিজ্জ এবং প্রাণিজ পদার্থের ইহা একটি গুরুত্বপূর্ণ উপাদান। কার্বোহাইড্রেট, স্টার্চ, সেলুলোজ, শর্করা ইত্যাদি কার্বন-যৌগ উদ্ভিদ্ দেহে এবং প্রোটিন, জিলাটিন ইত্যাদি কার্বন-যৌগ উদ্ভিদ্ ও প্রাণী উভয় দেহেই বর্তমান।

কার্বন একটি বিশেষ ধরনের মৌল। এই বৈশিষ্ট্য থাকার জন্য কার্বনের যৌগ গঠনের ক্ষমতা অসাধারণ। কৃত্রিম উপায়ে প্রচুর সংখ্যক কার্বন-যৌগ তৈরি করা হইয়াছে। কাগজ, নাইলন, রবার, বেকেলাইট, কুইনিন, পেনিসিলিন, ভয়ঙ্কর বিস্ফোরক T. N. T. ইত্যাদি বিস্ময়কর পদার্থ সবই কার্বনের যৌগ। কার্বন যৌগের সংখ্যা এইরূপ বিপুল হওয়ার জন্য জৈব রসায়ন নামে রসায়নের একটি শাখা গড়িয়া উঠিয়াছে। এই জৈব রসায়নে কেবলমাত্র কার্বন ও উহার যৌগ সমূহের (অক্সাইডদ্বয় এবং কার্বনেট ব্যতীত) আলোচনা করা হয়।

বহুরূপতা ও রূপভেদ (Allotropy and allotropes): অনেক সময় দেখা যায় যে একটি মৌলিক পদার্থ বিভিন্নরূপে আত্মপ্রকাশ করে এবং এইরূপ **বিভিন্ন রূপের** বা **অবস্থার** ধর্মে কিছু কিছু পার্থক্য দেখা যায়। কিন্তু তাহা হইলেও ইহাদের মূল ধর্মের মধ্যে সাদৃশ্য থাকিবেই, যাহা দ্বারা ইহারা যে একই মৌলিক পদার্থ তাহা বোঝা যায়। যে গুণের দ্বারা একই মৌলিক পদার্থ ভিন্ন ভিন্ন ধর্ম-সম্পন্ন বিভিন্নরূপে থাকিতে পারে তাহাকে বলা হয় বহুরূপতা (allotropy) এবং একই মৌলিক পদার্থের এই ভিন্ন ভিন্ন রূপ বা অবস্থাকে বলা হয় রূপভেদ (allotrope)। কার্বন, সালফার, অক্সিজেন প্রভৃতি এই বহুরূপী মৌলের প্রকৃষ্ট উদাহরণ। সালফারের রূপভেদ সম্পর্কে পূর্বেই আলোচনা করা হইয়াছে; নিম্নে কার্বনের রূপভেদ সম্পর্কে আলোচনা করা হইল।

কার্বনের রূপভেদ: কার্বনের নিয়তাকার (বা কেলাসাকার) এবং অনিয়তাকার এই উভয়বিধ রূপভেদই আছে।

কার্বনের নিয়তাকার রূপভেদ—(i) হীরক (diamond) ও (ii) গ্রাফাইট। কার্বনের অনিয়তাকার রূপভেদ—(i) প্রাণিজ অঙ্গার (animal charcoal), (ii) উদ্ভিজ্জ অঙ্গার (wood charcoal), (iii) ভুসা কয়লা (lamp black), (iv) গ্যাস কার্বন (gas carbon) ও (v) কোক্ (coke).

নিয়তাকার কার্বন

হীরক ঃ ইহা মাটির নীচে পাথরের সহিত বা নদীতীরে বালুর সহিত মিশ্রিত অবস্থায় পাওয়া যায়। ইহাদিগকে খনি বা নদী-তীর হইতে তুলিয়া প্রথমে বাহিরে রাখিয়া দেওয়া হয়। বাহিরে থাকিবার ফলে জল, বায়ুর ক্রিয়ায় এই পাথরগুলি কিছু পরিমাণে ভাঙ্গিয়া যায়। পরে ইহাদিগকে আরও চূর্ণ করিয়া জলের সহিত মিশ্রিত করা হয়। অতঃপর চর্বি মাখানো টেবিলের উপর দিয়া এই মিশ্রণকে পরিচালনা করা হয়। ইহার ফলে হীরকচূর্ণ (অপেক্ষাকৃত ভারী) নীচে থিতাইয়া পড়ে এবং চর্বিতে উহা আবদ্ধ হয়।

হীরকের ব্যবহার ঃ অধিকাংশ ভাল হীরকই রত্নপাথররূপে ব্যবহৃত হয়। কালো হীরকের নাম কার্বনাডো এবং বোর্ট। ইহা কাচ কাটা, পাথর ছিদ্র করা ও পদার্থ মসৃণ করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

গ্রাফাইট ঃ গ্রাফাইটের চাহিদা এত বেশী যে আজকাল প্রচুর পরিমাণে কৃত্রিম উপায়ে গ্রাফাইট তৈরী করা হয়। বালুর সহিত কোক (coke) মিশাইয়া মিশ্রণকে অগ্নিসহ ইষ্টকনির্মিত চুল্লীতে তড়িতের সাহায্যে 3000°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে প্রথমে সিলিকন কার্বাইড এবং পরে এই সিলিকন কার্বাইড বিযোজিত হইয়া গ্রাফাইট উৎপন্ন হয়।

$$SiO_2+3C=SiC+2CO,\ SiC=Si+C \text{ (গ্রাফাইট)}$$

ব্যবহার ঃ তথাকথিত 'লেড পেন্সিলের' শিস্ ও উচ্চ উষ্ণতা সহ্য করিতে পারে এইরূপ মুছি তৈয়ারী করিতে গ্রাফাইট ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া, তেলের সহিত মিশ্রিত করিয়া গ্রাফাইট চূর্ণ কোন কোন যন্ত্র পিচ্ছিল করার কাজে (lubricant) ব্যবহৃত হয়। তড়িৎ-সুপরিবাহী বলিয়া বৈদ্যুতিক চুল্লীতে তড়িৎ-দ্বার (electrode) হিসাবে ও কোন কোন সময় অপরিবাহী পদার্থের উপর পরিবাহী আবরণ দিতে গ্রাফাইট ব্যবহৃত হয়।

অনিয়তাকার কার্বন

কাঠ কয়লা (উদ্ভিজ্জ অঙ্গার) ঃ স্বল্প পরিমাণ বায়ুর সংস্পর্শে অন্তর্ধূম

পাতন প্রণালীতে কাঠকে আংশিকভাবে পোড়ানো হইলে কাঠ কয়লা (wood charcoal) উৎপন্ন হয়।

বিশুদ্ধ উদ্ভিজ্জ অঙ্গার চিনির অন্তর্ধূমপাতন দ্বারা বা চিনির সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার দ্বারা প্রস্তুত করা হয়।

প্রাণিজ অঙ্গার ঃ জীবজন্তুর হাড়ের টুক্‌রা বাতাসের অবর্তমানে অন্তর্ধূম পাতন করিলে প্রাণিজ অঙ্গার উৎপন্ন হয়। ইহার সহিত ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট থাকে বলিয়া ব্যবহারের পূর্বে অ্যাসিড ধৌতকরণের (acid-wash) প্রয়োজন হয়।

[প্রাণীদের রক্তের অন্তর্ধূমপাতনেও উৎকৃষ্ট প্রাণিজ অঙ্গার (শোণিত অঙ্গার) উৎপন্ন হয়]।

ব্যবহার ঃ উদ্ভিজ্জ অঙ্গার জ্বালানিরূপে, ধাতুশিল্পে বিজারকরূপে, বারুদ প্রস্তুত করিতে, দূষিত বাষ্প শোষকরূপে ব্যবহৃত হয়। প্রাণিজ অঙ্গার শর্করা শিল্পে, আইভরি ব্লাক তৈরী করিতে ব্যবহৃত হয়। নারিকেলের অঙ্গার যদি অল্প বাতাসে বা ষ্টীমে 900°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয় তাহা হইলে উহার বহির্বৃতি ক্ষমতা (absorption) বৃদ্ধি পায়। এই অঙ্গারকে সক্রিয় অঙ্গার (active charcoal) বলা হয়। ইহা গ্যাস মুখোশ (gas mask) প্রস্তুতিতে বিভিন্ন তরল পদার্থের অবাঞ্ছিত রং, ময়লা, গন্ধ এবং স্বাদ অপসারণ করিতে ব্যবহৃত হয়।

ভুসা কয়লা ঃ তার্পিন তেল, কেরোসিন, পেট্রোলিয়াম প্রভৃতি জৈব পদার্থ স্বল্প বায়ুর সংস্পর্শে জ্বালাইলে এক প্রকার কালো ধোঁয়া নির্গত হয়। এই ধোঁয়া কোন শীতল পাত্রের গায়ে সঞ্চিত হইয়া ঝুল সৃষ্টি করে। ইহাকেই ভুসা কয়লা বলা হয়। ভুসা কয়লা—ছাপার কালি, জুতার কালি, কালো পলিস ও কালো রঞ্জক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

গ্যাস কার্বন ঃ প্রকৃতিতে যে কয়লা পাওয়া যায় উহার সহিত নানাপ্রকার জৈব পদার্থ মিশ্রিত থাকে। ইহাকে অগ্নিসহ ইষ্টক নির্মিত চুল্লীতে অথবা লোহার বকযন্ত্রে অন্তর্ধূম পাতন করিলে ইহার উদ্বায়ী জৈব পদার্থগুলি বাহির হইয়া যায়। অন্তর্ধূম পাতনের সময় বকযন্ত্রের উপরের দিকে অপেক্ষাকৃত শীতল স্থানে যে কার্বন সঞ্চিত হয় তাহাকেই গ্যাস কার্বন বলা হয়। ইহা কিন্তু ভুসার ন্যায় নরম এবং গুঁড়া নহে। ইহা শক্ত এবং মোটা আস্তরণরূপে জমে।

বকযন্ত্রে যে কালো অনুদ্বায়ী কঠিন পদার্থ অবশেষরূপে পড়িয়া থাকে তাহারই নাম 'কোক'। কম উষ্ণতায় অন্তর্ধূম পাতন করিলে সফ্‌ট কোক (soft coke) এবং উচ্চ উষ্ণতায় অন্তর্ধূম পাতন করিলে হার্ড কোক (hard coke) পাওয়া যায়।

ব্যবহার ঃ কার্বনের সকল রূপভেদের মধ্যে গ্রাফাইট ও গ্যাস কার্বন বিদ্যুৎ পরিবাহী। গ্যাস কার্বন ডায়নামো ও মোটরের ব্রাশ প্রস্তুতিতে, তড়িৎ বিশেষণে তড়িৎদ্বাররূপে এবং আর্ক-দীপে (arc light) বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। হার্ড কোক ধাতু নিষ্কাশনে বিজারকরূপে এবং সফ্‌ট কোক জ্বালানিরূপে ব্যবহৃত হয়।

22-2. কার্বন ডাই-অক্সাইড, CO_2

ইতিবৃত্ত ও অবস্থান ঃ 1630 খ্রীষ্টাব্দে ভ্যান হেলমণ্ট কর্তৃক কার্বন ডাই-অক্সাইড আবিষ্কৃত হয়। ইহার গুণাগুণ প্রথম পরীক্ষা করিয়া দেখেন ব্ল্যাক 1754 খ্রীষ্টাব্দে। তিনি ইহার নাম দেন 'fixed air' বা 'স্থির বায়ু'। 1783 খ্রীষ্টাব্দে ল্যাভয়সিয়ার কর্তৃক ইহার রাসায়নিক পরিচিতি নির্ধারিত হয়। তিনি প্রমাণ করেন যে ইহা কার্বনের একটি অক্সাইড। বায়ুতে আয়তন হিসাবে শতকরা 0·03 ভাগ কার্বন ডাই-অক্সাইড বর্তমান। প্রাণীর নিঃশ্বাস হইতে জ্বালানির দহনে ও জৈব পদার্থের পচনে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং ইহাই বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইডের উৎস। বায়ুতে এত অল্প পরিমাণে থাকিলেও ইহা বায়ুর একটি অতি গুরুত্বপূর্ণ উপাদান। কারণ, ইহার উপরই নির্ভর করে উদ্ভিদ্‌জগতের সত্তা এবং বৃদ্ধি। কোন কোন স্থানের প্রস্রবণের জলেও কার্বন ডাই-অক্সাইডের অস্তিত্ব পরিলক্ষিত হয়। ফ্রান্সের অন্তর্গত ভিসি নামক স্থানের প্রস্রবণের জলে কার্বন ডাই-অক্সাইড থাকায় ইহা বিশেষ খ্যাতিলাভ করিয়াছে। কোন কোন স্থানে ভূগর্ভ হইতে ভূ-পৃষ্ঠস্থ ফাটল দিয়া প্রচুর পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া এই নির্গত গ্যাস ভূ-পৃষ্ঠের ঠিক উপরেই একটি গ্যাসীয় আবরণ সৃষ্টি করিয়া থাকে। এইভাবে ইতালীর অন্তর্গত নেপল্‌সে গ্রটো ডেল কানে (Grotto del cane) নামক পর্বতগুহায় এবং জাভার বিষাক্ত উপত্যকায় (poison valley) কার্বন ডাই-অক্সাইড সঞ্চিত হইয়া আছে।

যুক্ত অবস্থায় কার্বনেটরূপে ইহা খড়ি (chalk), চুনাপাথর (limestone), ম্যাগনেসাইট, ডলোমাইট প্রভৃতিতে পাওয়া যায়।

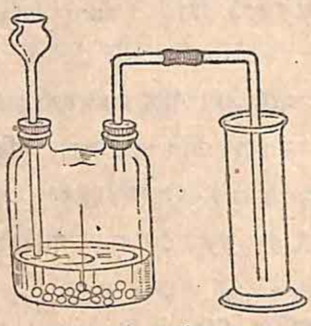
প্রস্তুতি (Preparation)

(i) **রসায়নাগার পদ্ধতি** (Laboratory method) ঃ—

নীতি ঃ মার্বেল পাথরের ($CaCO_3$) উপর লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2.$$

পরীক্ষা ঃ একটি তুই-মুখ-বিশিষ্ট উল্ফ বোতল নাও। বোতলের মধ্যে কয়েক টুকরা মার্বেল পাথর সামান্য জলে ডুবাইয়া রাখ। কর্ক দ্বারা বোতলের মুখ তুইটি বন্ধ কর। একটি কর্কের ভিতর দিয়া একটি দীর্ঘ-নাল ফানেল এবং অন্যটির সহিত একটি বাঁকান নির্গম-নল জুড়িয়া দাও। লক্ষ্য রাখিবে দীর্ঘ-নাল ফানেলের ভিতরের প্রান্ত যেন তরলের মধ্যে ডুবিয়া থাকে। দীর্ঘ-নাল ফানেলের মাধ্যমে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দাও। মার্বেল অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসার সঙ্গে সঙ্গে বুদ্‌বুদ্ সহকারে গ্যাস নির্গত হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ কর।



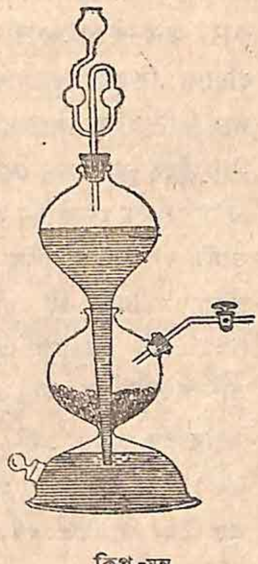
কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত
রসায়নাগার পদ্ধতি

এই কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত জলীয় বাষ্প এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড-বাষ্প মিশ্রিত থাকে। স্থতরাং কার্বন ডাই-অক্সাইডকে সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া অ্যাসিড-মুক্ত কর। তৎপরে এই গ্যাস হইতে জলীয় বাষ্প দূর করিবার জন্য ইহাকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত কর এবং শুষ্ক গ্যাস বিশুদ্ধ অবস্থায় পারদের উপর সংগ্রহ কর।

মার্বেল হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না। কারণ, মার্বেল এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম সালফেট ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম সালফেট মার্বেলের উপর একটি কঠিন আস্তরণরূপে জমিতে থাকে এবং ইহার ফলে অ্যাসিড আর মার্বেলের সংস্পর্শে আসিতে পারে না। স্থতরাং, কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপাদনের বিক্রিয়াটি বন্ধ হইয়া যায়।

(ii) **কিপ্-যন্ত্রে প্রস্তুতি** (Preparation in Kipp's apparatus) ঃ প্রয়োজনমত নিয়মিতভাবে কার্বন ডাই-অক্সাইড পাইবার জন্য রসায়নাগারে কার্বন ডাই-অক্সাইডের সাদা-প্রস্তুতির ব্যবস্থা কিপ্-যন্ত্রে করা হয়।

যন্ত্র ঃ কিপ্-যন্ত্রটি তিনটি কাচের গোলকের (বালব) সংযোগে তৈরী সর্বোচ্চ গোলকের সহিত একটি দীর্ঘ নল লাগান থাকে এবং ইহা সর্বনিম্ন গোলকের প্রায় শেষ প্রান্ত পর্যন্ত পৌঁছায়। মধ্যের গোলক এবং নীচের গোলক কাচগলা দ্বারা যুক্ত থাকে। সর্বনিম্ন গোলকের তলদেশ সমতল। মধ্যের গোলকের একটি ছিদ্র থাকে যাহার সহিত স্টপ্ককযুক্ত একটি কাচের নির্গম নল কর্কের মাধ্যমে লাগান থাকে। নীচের গোলকেও একটি ছিদ্র থাকে এবং উহা কাচের ছিপির দ্বারা বন্ধ করা হয়।


কিপ্-যন্ত্র

কার্য পদ্ধতি ঃ মধ্যের গোলকে ভরা হয় মার্বেল কুচি এবং সর্বোচ্চ গোলকে ঢালা হয় লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড। এই অ্যাসিড দীর্ঘ নলের ভিতর দিয়া যাইয়া সর্বনিম্ন গোলকে প্রবেশ করে এবং এই গোলক ভর্তি হইয়া গেলে উহা মধ্যের গোলকস্থিত মার্বেল কুচির সংস্পর্শে আসে। মার্বেল কুচি এবং অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই গ্যাস গোলকের বায়ুর সহিত মিশ্রিত হইয়া নির্গম নলের মাধ্যমে বাহির হইয়া যায়। এইভাবে সমস্ত বায়ু বাহির হইয়া গেলে স্টপ্-কক্ বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। ইহার ফলে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস মধ্যের গোলকে জমা হয় এবং ক্রমশঃ অ্যাসিডের উপর চাপের সৃষ্টি করে। এই গ্যাসের চাপে অ্যাসিড প্রথমে সর্বনিম্ন গোলকে এবং পরে তথা হইতে দীর্ঘ নলের মাধ্যমে সর্বোচ্চ গোলকে চলিয়া যায় এবং মার্বেলের সঙ্গে অ্যাসিডের সংযোগ বিচ্ছিন্ন হইয়া যায়। ইহার ফলে গ্যাস আর উৎপন্ন হয় না। কার্বন ডাই-অক্সাইডের প্রয়োজন হইলে স্টপ্-কক্ খুলিয়া দেওয়া হয়। ইহাতে যন্ত্রের ভিতর গ্যাসের চাপ হ্রাস পায়। অ্যাসিড পুনরায় মধ্যের গোলকে প্রবেশ করে এবং মার্বেলের সংস্পর্শে আসামাত্র কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

ধর্ম (Properties)

ভৌত ধর্ম ঃ (i) কার্বন ডাই-অক্সাইড বর্ণহীন, ঈষৎ অম্লস্বাদযুক্ত এবং মৃদু ঘ্রাণবিশিষ্ট গ্যাস ; (ii) ইহার ঘনত্ব 22, অর্থাৎ বায়ু অপেক্ষা দেড় গুণ ভারী।

পরীক্ষা ঃ (*a*) কয়েকটি সাবানের বুদ্‌বুদ্‌ কার্বন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাসজারে ছাড়িয়া দিলে, উহারা গ্যাসের ভিতর ভাসিতে থাকে। (*b*) একটি কার্বন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাসজার বায়ুপূর্ণ (শূন্য) জারের উপর উপুড় করিয়া ধরিলে, কিছুক্ষণের মধ্যেই দেখা যায় যে, কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে নীচের জার ভর্তি হইয়া গিয়াছে। এইবার নীচের জারে খানিকটা চুনের জল ঢালিয়া ঝাঁকাইলে চুনের জল ঘোলাটে হইয়া যায়। এই দুইটি পরীক্ষা হইতে ইহাই প্রমাণিত হয় যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বায়ু অপেক্ষা ভারী। বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া অগ্নিশিখা নিভাইবার জন্য ইহাকে শিখার উপর ঢালা যাইতে পারে। (iii) এই গ্যাসের ভিতর জীবজন্তু দম বন্ধ হইয়া মরিয়া যায়। (iv) চাপ প্রয়োগে এই গ্যাস সহজেই তরলে পরিণত হয়। তরল কার্বন ডাই-অক্সাইডকে সহসা বাষ্পীভূত করিলে ইহার খানিকটা জমিয়া কঠিন অবস্থায় রূপান্তরিত হয়। এই কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডকে 'শুকনো বরফ' (dry ice) বলা হয় এবং কোন পদার্থ শীতল করিবার জন্য বা খাদ্য দ্রব্য সংরক্ষণের জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়। (v) ইহা জলে দ্রবণীয়, চাপ বৃদ্ধি করিলে ইহার দ্রবণীয়তা বৃদ্ধি পায়। উত্তপ্ত করিলে জলে দ্রবীভূত গ্যাস আবার নির্গত হইয়া যায়। (vi) এই গ্যাস নিজে দাহ্য নহে বা অপর কোন বস্তুর দহনের সহায়কও নহে।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ (i) কার্বন ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডের ন্যায় আচরণ করে। এই জলীয় দ্রবণে নীল লিটমাস লাল হইয়া যায়। কারণ, কার্বন ডাই-অক্সাইড জলের সহিত দুর্বল ও অস্থায়ী কার্বনিক অ্যাসিড গঠন করে $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$। সুতরাং কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি আম্লিক অক্সাইড।

(ii) কার্বন ডাই-অক্সাইড আম্লিক অক্সাইড, তাই বিভিন্ন ক্ষারদ্রবণ ইহাকে শোষণ করে এবং ইহার সহিত বিক্রিয়ায় কার্বনেট (বা বাইকার্বনেট) গঠন করে। যথা, $2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$

$$Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons 2NaHCO_3$$

চুন-জলের ভিতর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করিলে প্রথমে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট $CaCO_3$ এবং পরে (অতিরিক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায়) দ্রবণীয় ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট $Ca(HCO_3)_2$

গঠিত হয়। এই কারণেই চুন-জল প্রথমে ঘোলাটে এবং পরে স্বচ্ছ হইয়া যায়।

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2.$$

(iii) কার্বন ডাই-অক্সাইডকে যদি লোহিত তপ্ত কার্বন, জিঙ্ক বা লৌহচুর্ণের উপর দিয়া প্রবাহিত করান হয়, তবে উহা বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়। যথা :

$$CO_2 + C = 2CO \; ; \; CO_2 + Zn = CO + ZnO$$

(iv) কার্বন ডাই-অক্সাইড দহনের সহায়ক বা দহনশীল না হইলেও জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম বা পটাসিয়াম ইহার ভিতর যথারীতি জ্বলিতে থাকে। কারণ, জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম বা পটাসিয়াম ধাতুর সংস্পর্শে কার্বন ডাই-অক্সাইড বিযোজিত হয় এবং বিযোজনের ফলে যে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় উহাতে ম্যাগনেসিয়াম বা পটাসিয়াম ধাতু দগ্ধ হয়। বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

$$2Mg + CO_2 = 2MgO + C$$

বিক্রিয়া শেষে একটু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসজারের ভিতর ঢালিয়া ঝাঁকাইয়া লইলে ধাতব অক্সাইড দ্রবীভূত হইয়া যায়। এখন ইহাকে ফিল্টার কাগজের সাহায্যে পরিস্রুত করিলে ফিল্টার কাগজের উপর কালো একটি পদার্থ পড়িয়া থাকে। এই কালো পদার্থ যে কার্বন তাহা উহাকে অক্সিজেনে পোড়াইয়া প্রমাণ করা যায়। অক্সিজেনে ইহাকে দহন করিলে যে গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহা চুন-জলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে চুন-জল প্রথমে ঘোলাটে হয় এবং পরে (আরও অধিক পরিমাণ গ্যাস প্রবাহের ফলে) ঘোলাটে চুন-জল স্বচ্ছ হইয়া যায়। এই পরীক্ষা হইতে প্রমাণিত হয় যে কার্বন ডাই-অক্সাইড কার্বনের একটি যৌগ।

(v) কার্বন ডাই-অক্সাইডকে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে, উহা আংশিকভাবে কার্বন মনোক্সাইড ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয়।

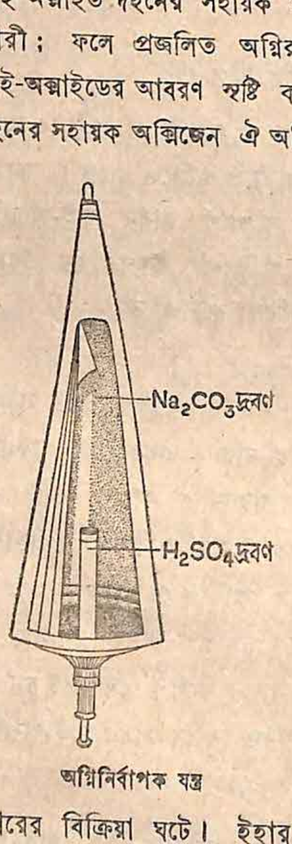
$$CO_2 \rightleftharpoons CO + O.$$

(vi) উদ্ভিদ্ সূর্যালোকে এবং জলের উপস্থিতিতে ক্লোরোফিল নামক পদার্থের সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইডকে শর্করা জাতীয় পদার্থে পরিণত করে :

$$CO_2 + \text{জল} = \text{শর্করা জাতীয় পদার্থ} + O_2$$

ব্যবহার (uses) : অগ্নি নির্বাপক যন্ত্রে, বাতান্বিত জল (aerated water) প্রস্তুত করিতে, সল্‌ভে পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেটের শিল্প-উৎপাদনে কার্বন ডাই-অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। হিমায়করূপে (refrigerant) কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডের ব্যবহার বর্তমানে বিশেষ প্রসিদ্ধি লাভ করিয়াছে।

অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্রের বিবরণ ও উহার কার্যপ্রণালী : কার্বন ডাই-অক্সাইড দহনের সহায়ক নহে, নিজেও দাহ্য নহে। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী; ফলে প্রজ্বলিত অগ্নির উপর এবং উহার চারিধারে একটি কার্বন ডাই-অক্সাইডের আবরণ সৃষ্টি করিতে পারিলে অগ্নি নির্বাপিত হইবে। কারণ দহনের সহায়ক অক্সিজেন ঐ অগ্নির নিকটে পৌঁছাইতে পারিবে না। সাধারণ অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্রে খুব অল্প সময়ে প্রচুর পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করিবার ব্যবস্থা থাকে। ইহাতে একটি শঙ্কু আকৃতির ধাতব পাত্রের মধ্যে সোডিয়াম কার্বনেটের গাঢ় দ্রবণ লওয়া হয়। ঐ দ্রবণের ভিতর একটি কাচের বোতলে সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু দ্রবণ ভর্তি করা থাকে (সংলগ্ন চিত্র দ্রষ্টব্য)। পাত্রটির তলদেশে একটি সরু সূচাকৃতি দণ্ড থাকে এবং উহার (পাত্রের) অগ্রভাগে একটি সরু নির্গমন পথ আছে। প্রয়োজন হইলে নির্বাপক যন্ত্রটি জোরে মাটিতে আঘাত করা হয়। তখন সূচালো দণ্ডটির আঘাতে অ্যাসিডের বোতল ভাঙ্গিয়া যায় এবং অ্যাসিডের সহিত কার্বনেট ক্ষারের বিক্রিয়া ঘটে। ইহার ফলে প্রচুর কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই গ্যাস জলের সহিত সরু নির্গমন পথ দিয়া প্রবল বেগে বাহির হইতে থাকে এবং উহা আগুনের উপর নিক্ষেপ করা হয়। প্রতিবার অগ্নি নির্বাপণের পর অ্যাসিড এবং ক্ষার নূতন করিয়া ভর্তি করিতে হয়।



অগ্নিনির্বাপক যন্ত্র

কোনও কোনও ক্ষেত্রে অ্যাসিড ও সোডিয়াম কার্বনেটের বদলে সোডিয়াম বাইকার্বনেট ও ফট্‌কিরির দ্রবণ ব্যবহার করা হয়। ইহার ফলে ফেনাযুক্ত

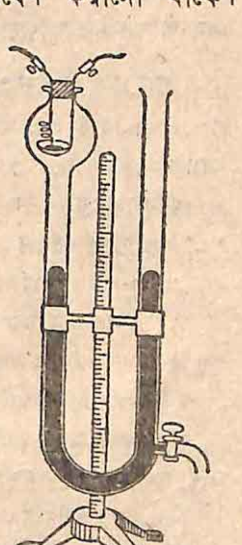
কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয় এবং এইরূপ যন্ত্র তৈল ও পেট্রোলের আগুন নিভাইতে ব্যবহৃত হয়। এই যন্ত্রে নিম্নরূপ বিক্রিয়া ঘটে—

$$Al_2(SO_4)_3 + 6NaHCO_3 = 2Al(OH)_3 + 3Na_2SO_4 + 6CO_2$$

সংযুতি (Composition)

(i) **আয়তন সংযুতি—নীতি :** খানিকটা বিশুদ্ধ অঙ্গার নির্দিষ্ট আয়তনের বিশুদ্ধ অক্সিজেনে পোড়ান হয় এবং ইহার ফলে যে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় তাহার আয়তন মাপা হয়।

পরীক্ষার যন্ত্র : একটি অংশাঙ্কিত U-নল (eudiometer) লওয়া হয়। ইহার একপ্রান্ত খোলা এবং অন্যপ্রান্তে একটি গোলক বসান থাকে। এই গোলকের ছিপির ভিতর দিয়া দুইটি তামার তার প্রবেশ করানো থাকে। গোলকের মধ্যস্থলে একটি তামার তারের প্রান্তে একটি ধাতব-চামচ (metallic spoon) লাগান থাকে। একটি প্লাটিনাম তারের কুণ্ডলী এই চামচ এবং অপর তামার তারটি যুক্ত করে। U-নলের খোলা বাহুর নীচের দিকে একটি স্টপ-কক্ (stop-cock) থাকে যাহার দ্বারা প্রয়োজনমত যন্ত্র হইতে পারদ বাহির করিয়া নেওয়া যায়।



কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন সংযুতি নির্ণয়ের পরীক্ষা যন্ত্র

পরীক্ষা : গোলকের ছিপিটি খুলিয়া চামচের মধ্যে খানিকটা বিশুদ্ধ কার্বন চূর্ণ লওয়া হয়। প্রথমে পারদ দ্বারা U-নলটি সম্পূর্ণ ভর্তি করা হয়। তৎপরে পারদ অপসারণ করিয়া গোলকটি এবং বদ্ধ বাহুর কিয়দংশ বিশুদ্ধ অক্সিজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করা হয় এবং যথাশীঘ্র ছিপিটি বায়ুনিরুদ্ধভাবে আঁটিয়া দেওয়া হয়। এইবার দুইটি বাহুর পারদ একই তলে আনা হয় যাহাতে ভিতরের অক্সিজেনের উপর চাপ বাহিরের বায়ু-চাপের সমান হয়। অক্সিজেনের আয়তন চিহ্নিত করিয়া তামার তারের প্রান্তদ্বয় একটি ব্যাটারির দুই প্রান্তের সহিত যুক্ত করা হয়। তড়িৎ প্রবাহের ফলে প্লাটিনামের কুণ্ডলীটি উত্তপ্ত হইয়া উঠে এবং এই তাপে অঙ্গার-চূর্ণ অক্সিজেন-সংস্পর্শে জলিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস গঠন করে। বিক্রিয়া

শেষে অর্থাৎ, যখন সমস্ত কার্বন টুক্‌রাটি জ্বলিয়া যায় বা সমস্ত অক্সিজেন ফুরাইয়া যায়, তখন ব্যাটারির সহিত যন্ত্রটির সংযোগ বিচ্ছিন্ন করা হয়। পরিশেষে যান্ত্রিক ব্যবস্থাটিকে শীতল হইতে দেওয়া হয় যাহাতে উহা পূর্বের উষ্ণতায় ফিরিয়া আসে।

পর্যবেক্ষণঃ যন্ত্রটি শীতল হইলে, দুইটি বাহুর পারদ সমতলে আনিয়া ভিতরের গ্যাসের আয়তন লক্ষ্য করিলে দেখা যায় যে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপাদনের ফলে গ্যাসের আয়তনের কোন তারতম্য ঘটে নাই। অর্থাৎ যত আয়তনের অক্সিজেন এই বিক্রিয়ায় ব্যয়িত হইয়াছে ঠিক তত আয়তনের কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস তৈরী হইয়াছে।

সিদ্ধান্তঃ ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে কার্বন ডাই-অক্সাইডে উহার সম-আয়তনের অক্সিজেন বর্তমান থাকে।

সংকেত নির্ণয়ঃ এই পরীক্ষায় দেখা যাইতেছে যে,

x c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে x c.c. অক্সিজেন থাকে।

বা, 1 " " 1 " " "

অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী মনে কর, যে-কোন গ্যাসের উক্ত অবস্থায় 1 c.c. আয়তনে "n"-সংখ্যক অণু বর্তমান।

∴ n-সংখ্যক কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুতে n-সংখ্যক অক্সিজেন অণু থাকে।

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি অণুতে একটি অক্সিজেন অণু থাকে। যেহেতু অক্সিজেন অণু দ্বি-পরমাণুক (অ্যাঃ প্রকল্প),

1-টি কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুর মধ্যে আছে 2-টি অক্সিজেন পরমাণু।

যদি কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি অণুতে x-সংখ্যক কার্বন পরমাণু থাকে তাহা হইলে কার্বন ডাই-অক্সাইডের স্থূল সংকেত হইবে, C_xO_2। ∴ ইহার আণবিক গুরুত্ব $=12\times x+16\times 2$

কিন্তু প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায় যে কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্প-ঘনত্ব $=22$

সুতরাং, ইহার আণবিক গুরুত্ব $=2\times 22=44$; অতএব $12x+16\times 2=44$ বা, $x=1$

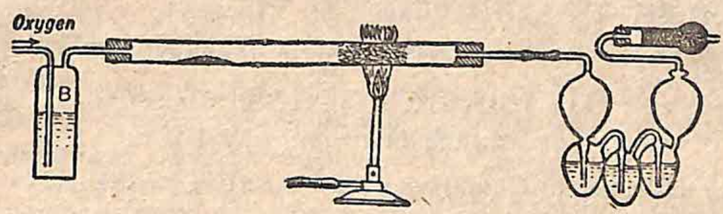
অর্থাৎ, কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি অণুতে একটি কার্বন পরমাণু বর্তমান থাকে।

সুতরাং কার্বন ডাই-অক্সাইডের যথার্থ আণবিক সংকেত CO_2।

(ii) **তৌলিক সংযুতি—নীতি**ঃ নির্দিষ্ট পরিমাণ বিশুদ্ধ অঙ্গার, শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেনে পোড়ান হয় এবং ইহার ফলে যে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় তাহা কষ্টিক পটাসে শোষণ করিয়া ওজন করা হয়।

যন্ত্র ও পদ্ধতিঃ একটি পর্সেলীনের বোটে অল্প একটু (প্রায় 1 গ্রাম) বিশুদ্ধ অঙ্গার লও এবং অঙ্গারসহ বোটটি ওজন কর। একটি শক্ত মোটা

কাচের নলের ভিতরের একপ্রান্তে বোটটি রাখ এবং সেই নলের প্রায় অর্ধেক কপার অক্সাইডের কুচির দ্বারা ভর্তি কর। শক্ত কাচ-নলের দুইটি প্রান্তই কর্ক দ্বারা আঁটিয়া দাও। শক্ত কাচনলের যে প্রান্তে বোট থাকে সেই প্রান্ত একটি



কার্বন ডাই-অক্সাইডের তৌলিক সংযুতি নির্ণয়ের পরীক্ষা-যন্ত্র

সরু নলের সাহায্যে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেন সরবরাহকারী যন্ত্রের (B) সহিত যোগ করিয়া দাও। নলের ভিতর দিয়া অক্সিজেন গ্যাস পরিচালনার ফলে নলের ভিতরের বায়ু অপরদিক দিয়া বাহির হইবে। [অক্সিজেন গ্যাস কার্বন ডাই-অক্সাইড মুক্ত করিবার জন্য কষ্টিক পটাসের দ্রবণের মধ্য দিয়া এবং পরে শুষ্ক করিবার জন্য গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করে।] শক্ত কাচ নলটির অপর প্রান্তে একটি নির্গম নলের মাধ্যমে গাঢ় কষ্টিক পটাসপূর্ণ পটাস-বালব এবং ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ নল জুড়িয়া দাও। একসঙ্গে পটাস-বাল্‌ব এবং ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড নল প্রকৃত পরীক্ষা আরম্ভ করিবার পূর্বে ওজন করিয়া লও।

এখন দহন-নলটি (বড় এবং শক্ত কাচনল) চুল্লীতে কড়া তাপে উত্তপ্ত কর। প্রথমে ঠিক কপার অক্সাইডের নীচে এবং পরে বোটটির নীচে তাপ প্রয়োগ কর এবং দহন নলটির ভিতর দিয়া শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেন চালাইতে থাক। তপ্ত অঙ্গার অক্সিজেন সংযোগে কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইবে। অক্সিজেন প্রবাহে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালিত হইয়া পটাস-বাল্‌বে কষ্টিক পটাস দ্বারা শোষিত হইবে। যদি কিছু কার্বন মনোক্সাইড গঠিত হয় তাহা হইলে উহা তপ্ত কপার অক্সাইড দ্বারা জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইবে। এই ভাবে সমস্ত অঙ্গার কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করিয়া পটাস-বাল্‌বে সংগ্রহ কর। বিক্রিয়া শেষ হইয়া গেলে (অর্থাৎ দহন সম্পূর্ণ হইলে) চুল্লীটি নিভাইয়া দাও কিন্তু দহন নলটি শীতল না হওয়া পর্যন্ত অক্সিজেন প্রবাহ চালাইতে থাক।

পরীক্ষা শেষে ছাই সহ বোটটি ওজন কর। বোটের ওজন হ্রাস হইতে কতটা কার্বন পুড়িয়াছে তাহা জানা যায়। পুনরায় পটাস-বাল্‌ব এবং ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড নল একসঙ্গে ওজন কর। ইহার ওজন বৃদ্ধি হইতে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ জানা যায়।

গণনা : মনে কর, পরীক্ষার পূর্বে অঙ্গার-সহ বোটের ওজন $= W_1$ গ্রাম

পরীক্ষার পরে, ছাই-সহ বোটের ওজন $= W_2$ গ্রাম।

$\therefore$ দগ্ধ অঙ্গারের ওজন $= (W_1 - W_2)$ গ্রাম।

পরীক্ষার পূর্বে পটাস্-বাল্‌ব ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড নলের একত্রে ওজন $= W_3$ গ্রাম। পরীক্ষার পরে, পটাস-বাল্‌ব ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড নলের একত্রে ওজন $= W_4$ গ্রাম।

$\therefore$ উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন $= (W_4 - W_3)$ গ্রাম।

$(W_1 - W_2)$ গ্রাম কার্বন $(W_4 - W_3)$ গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। $\therefore$ অক্সিজেনের ওজন $= \{(W_4 - W_3) - (W_1 - W_2)\}$ গ্রাম।

এবং $\dfrac{\text{কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে কার্বনের ওজন}}{\text{কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে অক্সিজেনের ওজন}}$

$$= \frac{W_1 - W_2}{(W_4 - W_3) - (W_1 - W_2)}$$

নির্ভুল পরীক্ষায় দেখা যায় কার্বন ও অক্সিজেনের ওজনের এই অনুপাত

কার্বন : অক্সিজেন $= 3 : 8$।

অর্থাৎ, কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন এবং অক্সিজেনের পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত—কার্বন : অক্সিজেন $= \frac{3}{12} : \frac{8}{16} = 0{\cdot}25 : 0{\cdot}5 = 1 : 2$।

$\therefore$ কার্বন ডাই-অক্সাইডের স্থূল সঙ্কেত $= CO_2$

বাস্তব পরীক্ষায় জানা যায়, কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্প-ঘনত্ব $= 22$

$\therefore$ উহার আণবিক গুরুত্ব $= 2 \times 22 = 44$। মনে কর, কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত $= (CO_2)_n$

$\therefore$ উহার আণবিক গুরুত্ব $= 12 \times n + 16 \times 2n = 44n$

এখন $44n = 44$। অর্থাৎ $n = 1$.

$\therefore$ কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সঙ্কেত $= CO_2$

সাবধানতা : (i) ওজনগুলি সঠিকভাবে করিতে হইবে। (ii) লক্ষ্য রাখিবে যন্ত্রের জোড়গুলি যেন বায়ুনিরুদ্ধ হয়। (iii) কপার অক্সাইড এবং অক্সিজেন শুষ্ক ও বিশুদ্ধ থাকা প্রয়োজন।

Questions

1. What is meant by equivalent weight of an element? Deduce the relationship between equivalent weight and atomic weight. Under what condition have they the same value? Can any element have more than one equivalent weight?
[I. Sc. *cf.* '51 ; H. S. *cf.* '60]

2. Describe a method for determining the equivalent weight of zinc. [I. Sc. '21, '47]

3. Describe a method for determining the equivalent weight of magnesium or copper.

4. Describe a method based on displacement of hydrogen for determining the equivalent weight of a metal.

5. Describe a method based on addition of oxygen for determining the equivalent weight of a metal.

6. What is meant by equivalent weight of an acid, an alkali, a base and a salt?

7. What is meant by the term 'neutralisation'? How does a molar solution differ from a normal solution? How would you prepare a standard solution of sodium carbonate? What is a factor?

8. How may approximately $\frac{N}{10}$ solution of sulphuric acid be prepared? How may the exact concentration of such a solution be determined?

9. How is chlorine prepared in the laboratory? Describe its properties. Can it be collected over mercury or cold water? State its uses. [I. Sc. *cf.* '29, '32]

10. Describe the preparation of hydrogen chloride in the laboratory. How would you prepare aqueous hydrochloric acid?
[I. Sc. '39, '46]

11. How would you determine the composition of hydrogen chloride by volume? Establish its molecular formula.
[I. Sc. '26, '41]

12. What is bleaching powder? How is it prepared? State its uses. What do you mean by 'available chlorine' of bleaching powder?

13. How does sulphur occur in nature? Describe a method for its extraction from underground deposits.

14. How would you prepare sulphur dioxide in the laboratory ? Describe its properties and uses. Compare the bleaching action of sulphur dioxide and chlorine.

15. Describe a method for the manufacture of sulphuric acid. Describe its properties and uses. What is an alum ? How will you prepare potash alum ? State its properties and uses.

16. How is hydrogen sulphide prepared in the laboratory ? Can nitric acid be used for the preparation of hydrogen sulphide from a metallic sulphide ?. Why is that the concentrated sulphuric acid cannot be used for drying the gas ?

17. Write in short but an illuminating essay on the usefulness of hydrogen sulphide as an analytical reagent.

18. What is meant by allotropy ? Name the different allotropic forms of carbon and sulphur. How are the different allotropes of carbon prepared ? State their uses.

19. How may carbon dioxide be prepared in a Kipp's apparatus ? State its uses. Describe a simple fire-extinguisher and show how it works.

20. Describe how you would determine either the volumetric or the gravimetric composition of carbon dioxide. Deduce its molecular formula from the experimental results.

21. Explain with equations what happens when

(i) hydrogen sulphide is burnt in : (a) a limited supply of air and (b) in excess of air ;

(ii) Hydrogen sulphide reacts with : (a) dilute nitric acid, (b) acidified potassium permanganate, (c) conc. sulphuric acid, (d) zinc sulphate and (e) lead nitrate solution ;

(iii) Sulphur dioxide is bubbled through : (a) caustic soda solution, (b) lime water, (c) bromine water, (d) acidified potassium permanganate ;

(iv) Manganese dioxide is heated with conc. hydrochloric acid and the evolved gas is passed through : (a) cold and dilute caustic soda solution, (b) hot and conc. caustic soda solution, (c) an aqueous solution of sulphur dioxide, (d) an aqueous solution of hydrogen sulphide ;

(v) Carbon dioxide is passed ; (a) overheated charcoal, (b) through lime water till excess ;

(vi) A piece of burning magnesium is inserted into a jar of carbon dioxide.

Sample questions for informal objective type test

A. Alternate response type.

(*i*) *True or False type.*

(a) Equivalent weight of a substance is a number. —

(b) Equivalent weight of an element is invariant. —

(c) A solution is said to be a normal one, if the gram-equivalent of the solute be present in one litre of the solution. —

(d) In a neutralisation reaction the net reaction is the combination of hydrogen ions with the hydroxyl ions. —

(*ii*) *Yes or No type.*

(a) Can the atomic weight and the equivalent weight of any element have the same value ? —

(b) Should there be any difference between a molar and a normal solution, when the equivalent and molecular weight of the substance in question are identical ? —

(c) Does sulphur dioxide bleach by oxidation ? —

(d) Does a piece of burning magnesium get extinguished when inserted into a jar full of carbon dioxide ? —

B. Recall type.

(i) — is prepared in the laboratory by heating conc. hydrochloric acid with manganese dioxide. —

(ii) Sulphuric acid being — volatile than nitric acid the former is used for the preparation of the latter from a nitrate. —

(iii) The property by virtue of which an element may exist in more than one form, which differ more or less in their physical properties and to some extent in chemical properties is called — —

(iv) Chlorine cannot bleach in absence of —. —

C. Strike off the irrelevaut portion to give a complete, correct statement :

(i) Hydrogen sulphide should be dried by P_2O_5/*conc.* H_2SO_4. (ii) Chlorine bleaches by *oxidation/reduction.* (iii) Sodium carbonate is manufactured by *Solvay's process/contact process.* (iv) One of the crystalline allotropes of carbon is *charcoal/diamond/coke*, (v) Sulphuric acid is *less/more* volatile than hydrochloric acid. (vi) Sulphur dioxide is a *milder/stronger* bleaching agent than chlorine.

ত্রয়োবিংশ অধ্যায়

ধাতু ও ধাতব যৌগ

(Metals and their compounds)

প্রকৃতিতে ধাতুগুলি সাধারণত যৌগরূপে পাওয়া যায়। কিন্তু কতকগুলি ধাতু, যেমন—সোনা, প্লাটিনাম প্রভৃতি মৌলাবস্থায়ও প্রকৃতিতে থাকে। যে সকল ধাতু মৌলরূপে প্রকৃতিতে থাকে তাহাদেরও অনেক ক্ষেত্রে বিভিন্ন যৌগরূপে থাকিতে দেখা যায়। ধাতুগুলি সাধারণত প্রকৃতিতে অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড, সালফাইড, সালফেট, কার্বনেট, নাইট্রেট, ফ্লোরাইড, ক্লোরাইড; সিলিকেট, ফস্‌ফেট প্রভৃতি যৌগরূপে বর্তমান। এই সকল ধাতব যৌগগুলি ভূপৃষ্ঠে বা মাটির নীচে কঠিন পাথর বা শিলারূপে থাকে। প্রকৃতিজাত এই ধাতব যৌগগুলিকে **খনিজ** (minerals) বলা হয়। একটি খনিজে একাধিক যৌগ থাকিতে পারে না। যে সকল খনিজ হইতে অপেক্ষাকৃত সুবিধায় এবং লাভজনক উপায়ে কোন ধাতু নিষ্কাশন করা সম্ভব সেই সকল খনিজকে সেই ধাতুর **আকরিক** (ore) বলে। যেমন, আয়রন পাইরাইটিজ লৌহের একটি খনিজ। কিন্তু ইহা হইতে লাভজনকরূপে অর্থাৎ প্রতিযোগিতার উপযোগী ব্যয়ে লৌহ নিষ্কাশন করা সম্ভব নহে; এবং এইজন্য ইহাকে লৌহের আকরিক হিসাবে গণ্য করা হয় না। তবে ব্যাপক অর্থে খনিজ এবং আকরিকের মধ্যে কোন পার্থক্য করা হয় না; সকল খনিজকেই আকরিক বলা হইয়া থাকে।

আকরিকের সহিত বহু অপ্রয়োজনীয় পদার্থ, যেমন—বালি, মাটি প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে। আকরিকের এই সকল অপদ্রব্যকে **খনিজ মল** (gangue or matrix) বলে।

বিগলিত ধাতু হইতে অপ্রয়োজনীয় পদার্থ যাহাতে সহজে গলিয়া দূরীভূত হইয়া যায় সেইজন্য ধাতুর আকরিকের সহিত প্রায়ই কতকগুলি পদার্থ মিশ্রিত করিয়া চুল্লীতে উত্তপ্ত করা হয়। এই বস্তুগুলিকে **বিগালক** (flux) বলা হয়। এই সকল পদার্থ আকরিকের অপদ্রব্যের সহিত যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে এবং উৎপন্ন যৌগ সহজেই গলিয়া ধাতু হইতে পৃথক্ হইয়া যায়।

খনিজ মল ও বিগালকের সংযোগে যে পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহাকে **ধাতুমল** (slag) বলে।

∴ খনিজ মল + বিগালক = ধাতুমল।

খনিজ মলের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে কি প্রকারের (আম্লিক বা ক্ষারকীয়) বিগালক ধাতুর আকরিকের সহিত মিশ্রিত করিতে হইবে। যেমন, কোন ধাতুর আকরিকের সহিত SiO_2 মিশ্রিত থাকিলে কিছু চুন বিগালক হিসাবে আকরিকের সহিত মিশ্রিত করা হয়। কারণ, SiO_2-কে সহজে গলান যায় না। কিন্তু উহা প্রকৃতিতে আম্লিক বলিয়া চুনের সহিত বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম সিলিকেটে পরিণত হইবে। এই ক্যালসিয়াম সিলিকেট অপেক্ষাকৃত অল্প উষ্ণতাতেই গলিয়া ধাতুমল হিসাবে ধাতু হইতে দূরীভূত হয়।

23-1. জিঙ্ক বা দস্তা (Zinc)

প্রতীক বা চিহ্ন—Zn পারমাণবিক গুরুত্ব – 65·38 পরমাণু ক্রমাঙ্ক – 30

প্রকৃতিতে জিঙ্ক মৌল বা মুক্ত অবস্থায় থাকে না। ইহার বিভিন্ন যৌগ প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। ইহার প্রধান প্রধান খনিজের নাম :—

(i) সালফাইড : জিঙ্ক ব্লেণ্ড (Zinc blende) ZnS

(ii) কার্বনেট : ক্যালামাইন (Calamine), $ZnCO_3$

(iii) অক্সাইড : জিঙ্কাইট (Zincite), ZnO

ফ্রাঙ্কলিনাইট (Franklinite), ZnO, Fe_2O_3

(iv) সিলিকেট : উইলেমাইট (Willemite), Zn_2SiO_4

নিষ্কাশন : জিঙ্ক প্রধানত উহার সালফাইড আকরিক, জিঙ্ক ব্লেণ্ড হইতে কার্বন-বিজারণ বা তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়।

কার্বন বিজারণ পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে কাঁচামাল হিসাবে প্রয়োজন হয় জিঙ্ক ব্লেণ্ড ও কোক। এই পদ্ধতিতে নিম্নলিখিত চারিটি প্রক্রিয়া পর পর নিষ্পন্ন করা হয়।

(a) আকরিক গাঢ়ীকরণ, (b) গাঢ় আকরিকের তাপজারণ, (c) উৎপন্ন অক্সাইডের কার্বন-বিজারণ ও (d) অবিশুদ্ধ জিঙ্কের শোধন।

(a) গাঢ়ীকরণ (Concentration) : জিঙ্ক ব্লেণ্ড অর্থাৎ জিঙ্কের সালফাইড আকরিকের সহিত গ্যালেনা, বালু প্রভৃতি অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। তাই, আকরিক চূর্ণ খানিকটা ইউক্যালিপ্‌টাস তৈল, অ্যাসিড এবং জলের সহিত মিশ্রিত করা হয় এবং উৎপন্ন মিশ্রণের ভিতর দিয়া বায়ু পরিচালিত করিয়া মিশ্রণটি উত্তমরূপে আলোড়িত করা হয়। প্রথমে ফেনার সহিত বিচূর্ণ গ্যালেনা জলের উপর ভাসিয়া ওঠে। ইহা যথাসম্ভব অপসারিত করিয়া অবশিষ্ট মিশ্রণে আবার খানিকটা তৈল এবং অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া একই প্রকারে ফেনার সৃষ্টি করা হয়। এই ফেনার সহিত এখন ব্লেণ্ড চূর্ণ তরলের উপরে ভাসিয়া ওঠে কিন্তু বালু, মাটি প্রভৃতি অপদ্রব্যগুলি জলের নিচে থিতাইয়া জমা হয়। উপরের ফেনা হইতে উপযোগী ছাকনার সাহায্যে জিঙ্ক ব্লেণ্ড সংগ্রহ করা হয়। ক্যালামাইন আকরিকের ক্ষেত্রে এই প্রক্রিয়ার কোন প্রয়োজন হয় না। কারণ, ক্যালামাইনের সহিত গ্যালেনা মিশ্রিত থাকে না।

(b) তাপ জারণ (Roasting) : গাঢ় জিঙ্ক ব্লেণ্ড একটি বহু বক্ষ-সমন্বিত চুল্লীতে (multiple hearth roaster) উত্তপ্ত বায়ু প্রবাহ পরিচালিত করিয়া

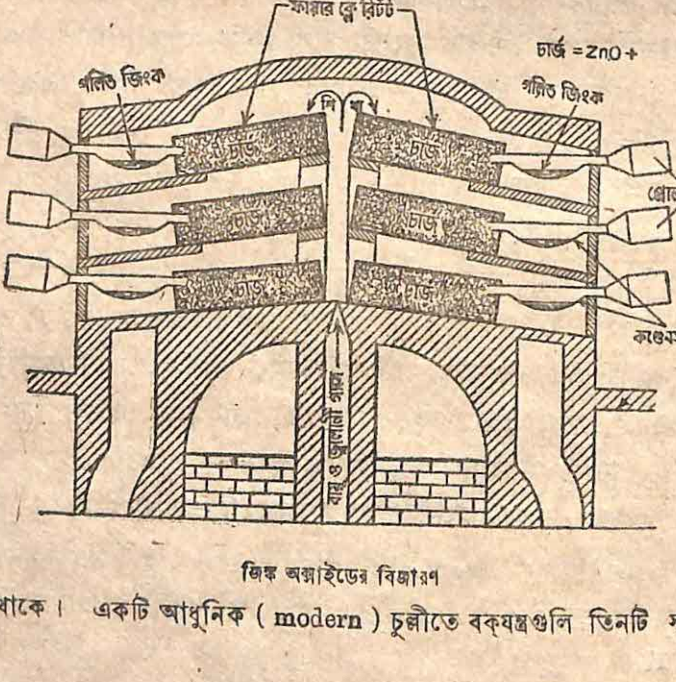
উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। ইহার ফলে জিঙ্ক সালফাইড জারিত হইয়া জিঙ্ক অক্সাইডে পরিণত হয়। $2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$

এই প্রক্রিয়াটি এমনভাবে নিয়ন্ত্রিত করা হয় যাহাতে জিঙ্ক সালফাইড জারিত হইয়া জিঙ্ক সালফেটে পরিণত না হয়। কারণ, পরবর্তী বিজারণ ক্রিয়ায় এই জিঙ্ক সালফেট বিজারিত হইয়া পুনরায় জিঙ্ক সালফাইডে পরিণত হইবে। উপজাত সালফার ডাই-অক্সাইড চুল্লীর উপর দিক দিয়া বাহির হইয়া যায় এবং উহা সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা যাইতে পারে। কার্বনেট আকরিকও (ক্যালামাইন হইতে ধাতু নিষ্কাশন করিলে) এই উচ্চ তাপমাত্রায় বিযোজিত হইয়া জিঙ্ক অক্সাইডে পরিণত হয়। $ZnCO_3 = ZnO + CO_2$.

(c) অক্সাইডের বিজারণ (Reduction): তাপ-জারণে উৎপন্ন জিঙ্ক অক্সাইডকে চূর্ণ করিয়া কোকচূর্ণের সহিত উত্তমরূপে মিশ্রিত করা হয় এবং উৎপন্ন মিশ্রণকে অগ্নিসহ ইষ্টক নির্মিত বকযন্ত্রে (রিটর্ট) উত্তপ্ত করা হয়। কোক জিঙ্ক অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ধাতব জিঙ্কে পরিণত করে।

$$ZnO + C = Zn + CO.$$

বকযন্ত্রগুলির খোলা মুখ একটি হিমকার বা শীতকের সহিত যুক্ত থাকে এবং শীতক বা হিমকারগুলি আবার প্রোলং নামক লৌহ নির্মিত পাত্রের সহিত



জিঙ্ক অক্সাইডের বিজারণ

যুক্ত থাকে। একটি আধুনিক (modern) চুল্লীতে বকযন্ত্রগুলি তিনটি সারিতে

সাজান হয় এবং উহাদের খোলা মুখ নিচের দিকে একটু কাত করিয়া দেওয়া হয়। জ্বালানি গ্যাসের (producer gas and air) সাহায্যে চুল্লীটি 1350°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। জিঙ্ক অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতব জিঙ্কে পরিণত হয় এবং এই উচ্চ তাপমাত্রায় ইহা বাষ্পাকারে কার্বন মনোক্সাইডের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় শীতকের মধ্যে প্রবেশ করে। খানিকটা জিঙ্ক-বাষ্প ঘনীভূত হইয়া তরলে পরিণত হয় এবং খানিকটা জিঙ্ক ডাস্ট হিসাবে প্রোলং-এ সঞ্চিত হয়। কিন্তু কার্বন মনোক্সাইড ঈষৎ নীলাভ শিখায় প্রোলংএর মুখে জ্বলিত থাকে। গলিত ধাতুকে শীতল করিয়া 'জিঙ্ক ব্লক' বা দানা তৈয়ারি করা হয়। এই জিঙ্কের সহিত 2% লেড এবং সামান্য পরিমাণ লৌহ, ক্যাডমিয়াম ও আর্সেনিক থাকে এবং ইহাকে স্পেল্টার (spelter) বলা হয়। সুতরাং ইহা সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নহে।

(d) **শোধন** (Refining): অবিশুদ্ধ জিঙ্ককে অর্থাৎ স্পেল্টারকে আংশিক পাতন করিয়া (fractional distillation) অপদ্রব্যগুলি দূরীভূত করা হয় এবং ইহার ফলে অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ জিঙ্ক উৎপন্ন হয়। প্রথমে বিশুদ্ধ জিঙ্ককে উহার (Zn) স্ফুটনাঙ্ক অর্থাৎ 920°C-এর উর্ধ্বে উত্তপ্ত করা হয়, ফলে জিঙ্ক এবং ক্যাডমিয়াম উদ্বায়িত হইয়া অন্যান্য পদার্থগুলি হইতে পৃথক্ হইয়া আসে এবং উহাকে ঘনীভূত করিয়া সঞ্চিত করা হয়। অতঃপর এই জিঙ্ক এবং ক্যাডমিয়ামের গলিত ধাতুসঙ্করকে ক্যাডমিয়ামের স্ফুটনাঙ্ক অর্থাৎ 767°C-এর উর্ধ্বে উত্তপ্ত করা হয় যাহার ফলে ক্যাডমিয়াম উদ্বায়িত হইয়া দূরীভূত হয় এবং বিশুদ্ধ জিঙ্ক (99·9%) অবশেষরূপে পড়িয়া থাকে। কিন্তু রাসায়নিক অর্থে বিশুদ্ধ জিঙ্ক পাইতে হইলে, অ্যালুমিনিয়াম ক্যাথোড এবং অবিশুদ্ধ জিঙ্ক অ্যানোডরূপে ব্যবহার করিয়া বিশুদ্ধ জিঙ্ক সালফেটের আম্লিক দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। (জিঙ্ক সালফেটকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে আম্লিক করা হয়।) ইহার ফলে ক্যাথোডে উৎপন্ন হয় বিশুদ্ধ জিঙ্ক।

তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি: এই পদ্ধতিটি তিনটি ধাপে নিষ্পন্ন করা হয়:—

(a) আকরিকের অর্থাৎ জিঙ্ক ব্লেণ্ডের গাঢ়ীকরণ, (b) বিশুদ্ধ জিঙ্ক সালফেট দ্রবণ প্রস্তুতকরণ এবং (c) জিঙ্ক সালফেট দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ।

আকরিককে কিভাবে গাঢ় (concentrate) করা হয় তাহা পূর্বেই বর্ণনা করা হইয়াছে। গাঢ় আকরিককে 700°C-উষ্ণতার নিচে বায়ু-প্রবাহে জারিত করিয়া জিঙ্ক সালফেটে পরিণত করা হয়। $ZnS + 2O_2 = ZnSO_4$; উৎপন্ন জিঙ্ক সালফেট লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে

দ্রবীভূত করা হয়। এই দ্রবণটি বিশুদ্ধ নহে। ইহাকে বিশুদ্ধ করিবার জন্য ইহাতে চুন গোলা যোগ করা হয় ; ফলে আয়রন এবং অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডরূপে এবং সিলিকা ক্যালসিয়াম সিলিকেটরূপে দ্রবণ হইতে অধঃক্ষিপ্ত হয়। ফিল্টার করিয়া দ্রবণ হইতে অধঃক্ষেপ অপসারিত করা হয়। অতঃপর উৎপন্ন পরিস্রুতে (filtrate) দস্তারজ (zinc dust) যোগ করিয়া নাড়িয়া দেওয়া হয়। ইহার ফলে কপার এবং ক্যাডমিয়াম অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং অধঃক্ষেপ ফিল্টার প্রণালীর সাহায্যে দ্রবণ হইতে অপসারিত করা হয়। এইবার যে পরিস্রুৎ পাওয়া যায় তাহা বিশুদ্ধ জিঙ্ক সালফেট দ্রবণ।

এই জিঙ্ক সালফেট দ্রবণে স্বল্প পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া উহাকে লেড অ্যানোড এবং অ্যালুমিনিয়াম ক্যাথোডের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। বিশুদ্ধ জিঙ্ক ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়। এই জিঙ্কের বিশুদ্ধতা 99·95% ?

জিঙ্কের ধর্ম (Properties)

ভৌত ধর্ম ঃ জিঙ্ক ঈষৎ-নীলাভ সাদা ধাতু। 100°C-এর কম এবং 200°C-এর বেশী উষ্ণতায় ইহা ভঙ্গুর হইলেও 100°—150°C উষ্ণতায় ইহা ঘাতসহ ও প্রসারণশীল এবং এই উষ্ণতায় জিঙ্কের চাদর, তার প্রভৃতি তৈরি করা যাইতে পারে। ইহার ঘনত্ব 7·1, গলনাঙ্ক 419°C এবং স্ফুটনাঙ্ক 920°C।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ শুষ্ক বায়ু জিঙ্কের সহিত কোন ক্রিয়া করে না। আর্দ্র-বাতাস জিঙ্কের সহিত ক্রিয়া করে এবং ইহাতে জিঙ্কের উপর একটি ক্ষারকীয় কার্বনেটের আবরণ পড়ে। জিঙ্ক বায়ুতে দগ্ধ করিলে সবুজ বর্ণের শিখা বিকীর্ণ করিয়া জিঙ্ক অক্সাইডে পরিণত হয়। $2Zn+O_2=3ZnO$.

বিশুদ্ধ জিঙ্ক জলের দ্বারা আক্রান্ত হয় না। বাণিজ্যিক (commercial) জিঙ্ক এবং কপার দ্বারা আবৃত জিঙ্ক ফুটন্ত জলকে বিযোজিত করে। লোহিত তপ্ত জিঙ্ক জলীয় বাষ্পের সহিত প্রবলভাবে বিক্রিয়া করে।

$$Zn+H_2O=ZnO+H_2$$

বাণিজ্যিক জিঙ্ক HCl বা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে কিন্তু অতি বিশুদ্ধ জিঙ্ক খুব আস্তে আস্তে অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়। $Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$

লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ধাতুটি একটি বিজারক পদার্থ হিসাবে কাজ করে। $Fe_2(SO_4)_3+Zn=ZnSO_4+2FeSO_4$

তপ্ত ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড জিঙ্কের সহিত বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড গঠন করে। $Zn+2H_2SO_4=ZnSO_4+2H_2O+SO_2$

জিঙ্ক নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে এবং এই বিক্রিয়ায় কি কি পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহা নির্ভর করে নাইট্রিক অ্যাসিডের ঘনত্ব এবং যে উষ্ণতায় বিক্রিয়াটি নিষ্পন্ন করা হয় তাহার উপরে।

কষ্টিক সোডা বা কষ্টিক পটাসের দ্রবণে জিঙ্ক ফুটাইলে অনুরূপ জিঙ্কেট লবণ এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$Zn + 2NaOH = Na_2ZnO_2$ (সোডিয়াম জিঙ্কেট) $+ H_2$

জিঙ্ক উত্তপ্ত অবস্থায় সোজাসুজি ক্লোরিন, সালফার প্রভৃতির সহিত যুক্ত হয় কিন্তু হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন বা কার্বনের সহিত ইহা সোজাসুজি যুক্ত হয় না। $Zn + Cl_2 = ZnCl_2$; $Zn + S = ZnS$.

জিঙ্ক নাইট্রাইড গঠিত হয় জিঙ্ককে অ্যামোনিয়ার ভিতর উত্তপ্ত করিলে।

$$3Zn + 2NH_3 = Zn_3N_2 + 3H_2.$$

Pb, Cu, Ag বা Au প্রভৃতি ধাতুর লবণের দ্রবণ হইতে জিঙ্ক উক্ত ধাতুগুলিকে প্রতিস্থাপিত করে। $CuSO_4 + Zn = Cu + ZnSO_4$.

ব্যবহার : (i) পিতল, জার্মান সিলভার, ব্রোঞ্জ প্রভৃতি ধাতুসঙ্কর প্রস্তুতিতে জিঙ্কের প্রয়োজন হয়। (ii) নানাপ্রকার বৈদ্যুতিক সেল এবং ব্যাটারিতেও জিঙ্ক ব্যবহৃত হয়। (iii) কোন কোন ক্ষেত্রে রসায়নাগারে জিঙ্ক বিজারক পদার্থ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। (iv) লোহার জিনিসে যাহাতে মরিচা না পড়ে সেইজন্য লোহার উপর জিঙ্কের প্রলেপ দেওয়া হয়।

দস্তা লেপন ও টিন লেপন : লৌহ দ্রব্য বা লৌহ পাত পরিষ্কার করিয়া গলিত জিঙ্কের ভিতর ডুবাইয়া লইলে লৌহের উপর জিঙ্কের একটি আস্তরণ পড়ে। এই প্রক্রিয়াকে দস্তা-লেপন বা Galvanisation বলে। কোন কোন সময় আবার লোহার মরিচা নিবারণ করিবার জন্য গলিত তরল টিনের মধ্যে লৌহ দ্রব্য ডুবাইয়া অনুরূপভাবে লৌহের উপর টিনের প্রলেপ দেওয়া হয়। ইহাকে টিন-লেপন বা Tin plating বলে।

লৌহের মরিচা নিবারণে জিঙ্ক অপেক্ষা টিন অধিকতর কার্যকরী।

23-2. অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium)

প্রতীক বা চিহ্ন – Al　　পারমাণবিক গুরুত্ব – 26·97　　পরমাণু ক্রমাঙ্ক – 13

অ্যালুমিনিয়াম প্রকৃতিতে মৌলাবস্থায় পাওয়া না গেলেও ইহার নানা প্রকার যৌগ প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। ভূ-পৃষ্ঠের শতকরা 8-ভাগ

অ্যালুমিনিয়ামের যৌগ দ্বারা গঠিত। কিন্তু ভূ-পৃষ্ঠ তথা মৃত্তিকা হইতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশিত করিবার উপায় এখন পর্যন্ত আবিষ্কার করা সম্ভব হয় নাই। চুনী (ruby), নীলা (sapphire) প্রভৃতি মূল্যবান পাথর ইহার প্রকৃতিজাত অক্সাইড—স্বল্প পরিমাণ অন্যান্য বিশেষ বিশেষ ধাতব অক্সাইড যথা, আয়রন, কোবাল্ট, ক্রোমিয়াম ইত্যাদির সহিত মিশ্রিত থাকায় ইহারা বিশেষ বর্ণযুক্ত। ইহার প্রধান প্রধান খনিজগুলি হইল :

(i) সোদক অক্সাইড : বক্সাইট (Bauxite) $Al_2O_3.2H_2O$.
জিবসাইট (Gibbsite), $Al_2O_3.3H_2O$.
ডায়াস্পোর (Diaspore), $Al_2O_3.H_2O$

(ii) ফ্লোরাইড : ক্রায়োলাইট (Cryolite), $AlF_3.3NaF$.

(iii) সিলিকেট : ফেলস্পার (Felspar), $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$;
ক্যাওলিন বা চীনামাটি (Kaolin or China clay),
$Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$

(iv) সালফেট : অ্যালুনাইট (Alunite), $K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3.4Al(OH)_3$

নিষ্কাশন : আজকাল সমস্ত অ্যালুমিনিয়ামই বক্সাইট হইতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশিত করা হয়। বক্সাইটের ভিতর প্রধানত আয়রন অক্সাইড, Fe_2O_3 ও সিলিকা, SiO_2 এবং স্বল্প পরিমাণ টাইটেনিয়াম অক্সাইড অপদ্রব্য হিসাবে থাকে। সুতরাং, বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন করিতে হইলে প্রথমে বক্সাইট হইতে অপদ্রব্যগুলি দূরীভূত করিয়া অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা প্রস্তুত করিতে হয়। বিশুদ্ধ অ্যালুমিনাকে অতঃপর গলিত ক্রায়োলাইটে দ্রবীভূত করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয় এবং ইহার ফলে যে-ধাতু উৎপন্ন হয় তাহা সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নয় বলিয়া উহাকে তড়িৎ-বিশোধন করিয়া বিশুদ্ধ ধাতু প্রস্তুত করা হয়।

সুতরাং বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের পদ্ধতিটি তিনটি প্রক্রিয়ায় বিভক্ত করা যায় :

(i) বক্সাইট শোধন (purification of bauxite),

(ii) শোধিত বক্সাইটের তড়িৎ-বিশ্লেষণ (electrolysis of purified bauxite),

(iii) উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়ামের তড়িৎ-বিশোধন (electrolytic refining of aluminium).

বক্সাইট-শোধন (Purification of bauxite) : বক্সাইটের সহিত অল্প সিলিকা কিন্তু বেশী আয়রন অক্সাইড অবিশুদ্ধি থাকিলে উহাকে বায়ার পদ্ধতিতে (Bayer's process) শোধন করা হয়। বক্সাইটে বেশী সিলিকা (7%-এর অধিক) থাকিলে বায়ার পদ্ধতিতে বক্সাইটের শোধন লাভজনক নহে, কারণ, অনেকটা অ্যালুমিনিয়ামই অদ্রাব্য সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেটে পরিণত হয়। এইভাবে অনেকটা অ্যালুমিনিয়াম নষ্ট হইয়া যায়। বক্সাইটের সহিত বেশী সিলিকা মিশ্রিত থাকিলে উহাকে সারপেক পদ্ধতিতে (Serpek's process) শোধন করা হয়। কিন্তু বর্তমানে সারপেক পদ্ধতির প্রচলন নাই।

বায়ার পদ্ধতি : ভস্মীভূত বক্সাইট চূর্ণ কষ্টিক সোডার গাঢ় দ্রবণের সহিত মিশ্রিত করিয়া অটোক্লেভে প্রায় 6 অ্যাটমসফিয়ার চাপে 150°C উষ্ণতায় 2 হইতে 8 ঘণ্টা পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড কষ্টিক সোডায় দ্রবীভূত হইয়া সোডিয়াম অ্যালুমিনেটে পরিণত হয়। কিন্তু ফেরিক অক্সাইড এবং টাইটেনিয়াম অক্সাইড অবিকৃত (unchanged) থাকে। সিলিকা অদ্রাব্য সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেটে পরিণত হয়। সিলিকার অনুপাত কম থাকার জন্য সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেটও পরিমাণে কম উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াশেষে মিশ্রণটির সহিত জল মিশ্রিত করিয়া উহাকে লঘু করা হয় এবং অদ্রবীভূত পদার্থগুলি ছাঁকিয়া অপসারিত করা হয়।

$$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$$

পরিস্রুৎটি (filtrate) একটি ট্যাঙ্কে লওয়া হয়। ইহাকে আস্তে আস্তে শীতল করিয়া ইহার ভিতর অল্প একটু সদ্য অধঃক্ষিপ্ত সোদক অ্যালুমিনা দেওয়া হয় এবং ইহাকে কয়েক ঘণ্টা ধরিয়া আলোড়কের সাহায্যে দ্রুত আলোড়িত করা হয়। ইহাতে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় এবং অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহাকে ছাকিয়া লইয়া ধৌত করা হয় এবং 1100°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া জল বিদূরিত করা হয়। ইহাই শোধিত অ্যালুমিনা। পরিস্রুৎ কষ্টিক সোডার দ্রবণ। ইহাকে গাঢ় করিয়া পুনরায় অ্যালুমিনার বিশুদ্ধিকরণে ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

$$2NaAlO_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 2Al(OH)_3 + 2NaOH$$

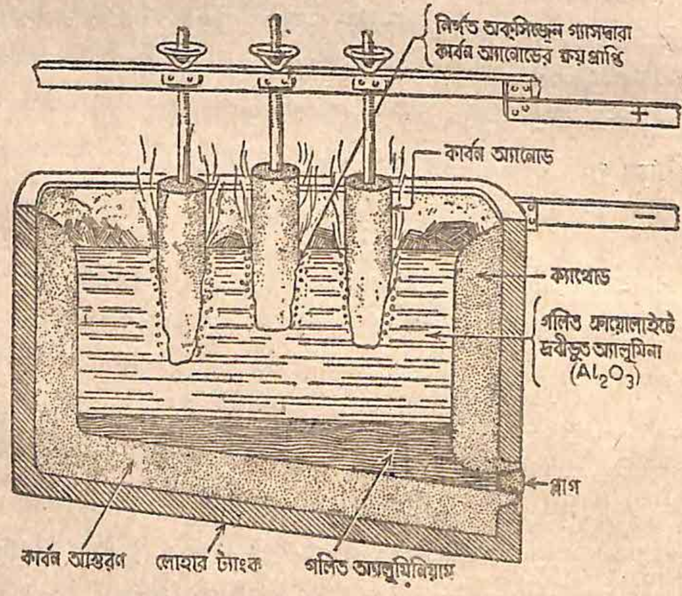
$$2Al(OH)_3 \rightleftharpoons Al_2O_3 + 3H_2O.$$

সারপেক পদ্ধতি (Serpek's Process) : কোকের সহিত বক্সাইট মিশ্রিত করিয়া 1800°C উষ্ণতায় নাইট্রোজেন গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করা হয়। ইহার ফলে অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়। এই অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইডকে উষ্ণ জলের দ্বারা বিযোজিত করিয়া অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত করা হয়।

$$Al_2O_3+3C+N_2=2AlN+3CO\ ;\ AlN+3H_2O=Al(OH)_3+NH_3$$

[সিলিকা কার্বনের দ্বারা বিজারিত হইয়া সিলিকনে পরিণত হয় এবং এই উচ্চ উষ্ণতায় বাষ্পাকারে কার্বন মনোক্সাইডের সহিত বাহির হইয়া যায়।] উৎপন্ন $Al(OH)_3$-কে অতিরিক্ত উত্তাপে দহন করিয়া অ্যালুমিনা প্রস্তুত করা হয়। $2Al(OH)_3=Al_2O_3+3H_2O$

শোধিত বক্সাইটের তড়িৎ-বিশ্লেষণ (Electrolysis of purified bauxite) : শোধিত বক্সাইটের তড়িৎ-বিশ্লেষণ ইস্পাত নির্মিত ট্যাঙ্কে সম্পন্ন করা হয়। ট্যাঙ্কের ভিতরের দিকে ইস্পাতের উপর গ্রাফাইটের (কার্বনের) একটি পুরু স্তরের আচ্ছাদন থাকে। এই গ্রাফাইট কার্বন তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডের কাজ করে। ট্যাঙ্কের ভিতর ক্রায়োলাইট, শোধিত অ্যালুমিনা এবং ফ্লুয়োস্পার 60 : 20 : 20 অনুপাতে লওয়া হয়। কতকগুলি



বক্সাইটের তড়িৎ-বিশ্লেষণ

মোটা কার্বন দণ্ড ট্যাঙ্কের উপরে অবস্থিত একটি কপারের দণ্ড হইতে মিশ্রণের (electrolyte) ভিতর আংশিকভাবে ডুবাইয়া রাখা হয়। এই দণ্ডগুলি

অ্যানোডের কাজ করে। ব্যাটারির দুই প্রান্তের সহিত তড়িৎ-দ্বার দুইটি যোগ করিয়া দেওয়া হয়। তড়িৎ-প্রবাহের সাহায্যে মিশ্রণটি 950°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয় এবং এই উষ্ণতায় সমগ্র মিশ্রণ গলিয়া যায়। ফ্লুয়োস্পার মিশ্রণের সান্দ্রতা কমাইয়া উহার তরলতা বৃদ্ধি করে। তরল মিশ্রণের উপরিভাগ চারকোল চূর্ণের একটি স্তর দ্বারা আচ্ছাদিত করা হয়। তড়িৎ প্রবাহের ফলে অ্যালুমিনা বিশ্লেষিত হইয়া যায় এবং ক্যাথোডে উৎপন্ন হয় অ্যালুমিনিয়াম। এই অ্যালুমিনিয়াম গলিত অবস্থায় ক্রায়োলাইটের নিচে সঞ্চিত হয় এবং নির্গম-নলের পথে বাহির করিয়া লওয়া হয়। অ্যানোডে উৎপন্ন হয় অক্সিজেন এবং এই অক্সিজেনে অ্যানোড দণ্ড পুড়িয়া কার্বন মনোক্সাইড গঠন করে। অ্যানোডের এই অপচয় রোধ করিবার জন্যই চারকোল চূর্ণের একটি আবরণ গলিত মিশ্রণের উপর দেওয়া থাকে। ইহার ফলে অ্যানোডের পরিবর্তে এই চারকোল চূর্ণ অক্সিজেনে জ্বলিতে থাকে।

$$Al_2O_3 \rightleftharpoons 2Al^{+++} + 3O''$$

ক্যাথোডে : অ্যানোডে :

$$2Al^{+++} + 6e = 2Al \qquad 3O'' = 3O + 6e$$

তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে অ্যালুমিনার পরিমাণ কমিয়া গেলে, তড়িৎ বিশ্লেষক্ষম তরলের তড়িৎ-পরিবহন ক্ষমতাও কমিয়া যায়। এইরূপ অবস্থায় সেলের মধ্য দিয়া না যাইয়া বর্তনী-সংলগ্ন একটি বাল্‌বের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হয় এবং বাল্‌বটি উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া ওঠে। সুতরাং বাল্‌বটি উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠিলে বোঝা যায় যে সেলের অ্যালুমিনা নিঃশেষিত হইয়া গিয়াছে। এই অবস্থায় অ্যালুমিনা চূর্ণ পুনরায় সেলের ভিতর যোগ করা হয় এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে অ্যালুমিনিয়ামের নিষ্কাশন অবিরাম চলিতে থাকে।

অ্যালুমিনিয়ামের তড়িৎ-বিশোধন (Electrolytic refining of aluminium) : উপরিবর্ণিত তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় যে অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায় উহা সম্পূর্ণরূপে বিশুদ্ধ নয়। উহার সহিত প্রধানত আয়রন এবং সিলিকন অবিশুদ্ধি হিসাবে মিশ্রিত থাকে। এই কারণে অ্যালুমিনিয়ামকে হুপের প্রণালীতে বিশোধন করা হয়। তড়িৎ সেলে বিভিন্ন ঘনত্বের তিনটি তরলের স্তর থাকে। সর্বনিম্ন স্তরে গলিত অবস্থায় থাকে অ্যানোডরূপী অপরিশুদ্ধ

অ্যালুমিনিয়াম/কপার ধাতু-সঙ্কর। সর্বোচ্চ স্তরে ক্যাথোডরূপী গলিত বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম থাকে। দুইটি স্তরের মাঝখানে ক্রায়োলাইট এবং BaF_2-এর মিশ্রণ গলিত অবস্থায় থাকে। বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম স্তরে কয়েকটি গ্র্যাফাইট দণ্ড ঝুলানো থাকে। তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে অ্যানোড হইতে অ্যালুমিনিয়াম মিশ্রণে দ্রবীভূত হয় এবং সম পরিমাণ অ্যালুমিনিয়াম মিশ্রণ হইতে ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়। ক্যাথোডে উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়ামের বিশুদ্ধতা 99·99%।

অ্যালুমিনিয়ামের ধর্ম (Properties)

ভৌত ধর্ম ঃ অ্যালুমিনিয়াম একটি অত্যন্ত হাল্কা ধাতু। ইহার ঘনত্ব=2·7, ইহা একটি ঈষৎ নীলাভ সাদা রঙের ধাতু। ইহার গলনাঙ্ক 658°C। ইহা ঘাতসহ এবং প্রসারণশীল। ইহা তাপ ও তড়িৎ-পরিবাহী।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ শুষ্ক বাতাসে অ্যালুমিনিয়ামের কোন পরিবর্তন হয় না। আর্দ্র বাতাসে অ্যালুমিনিয়ামের গায়ে উহার অক্সাইডের একটি পাতলা আবরণ পড়ে এবং ইহা অ্যালুমিনিয়ামের রক্ষাকারী আবরণ হিসাবে কাজ করে। অ্যালুমিনিয়ামের পাত বা অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে উজ্জ্বল শিখাসহ জ্বলিতে থাকে এবং ধাতুটির অক্সাইড ও নাইট্রাইড গঠিত হয়।

$$4Al+3O_2=2Al_2O_3,\ \ 2Al+N_2=2AlN.$$

বিশুদ্ধ জলের সহিত অ্যালুমিনিয়ামের কোন বিক্রিয়া নাই। কিন্তু লবণাক্ত জল বা সমুদ্র-জলের সহিত অ্যালুমিনিয়াম ক্রিয়া করিয়া থাকে। অ্যালুমিনিয়াম-পারদ-সঙ্কর সাধারণ উষ্ণতায় জলকে বিযোজিত করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণকে জলের মধ্যে ফুটাইলেও জল বিযোজিত হইয়া যায়।

$$2Al+6H_2O=2Al(OH)_3+3H_2$$

অ্যালুমিনিয়াম সহজেই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়, $2Al+6HCl=2AlCl_3+3H_2$। লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড অ্যালুমিনিয়ামের সহিত ক্রিয়া করে না। কিন্তু তপ্ত ও গাঢ় অ্যাসিডে (H_2SO_4) অ্যালুমিনিয়াম দ্রবীভূত হয় এবং সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়, $2Al+6H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+3SO_2+6H_2O$। সকল রকম অবস্থায় নাইট্রিক অ্যাসিড বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের উপর বিক্রিয়াহীন।

অ্যালুমিনিয়াম উষ্ণ কষ্টিক সোডা বা কষ্টিক পটাসে দ্রবীভূত হয়। ইহার ফলে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং অ্যালুমিনিয়াম নিজে সোডিয়াম বা পটাসিয়াম অ্যালুমিনেটে পরিণত হয়।

$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2$$

(সোডিয়াম অ্যালুমিনেট)

অ্যালুমিনিয়ামকে উত্তপ্ত করিলে ইহা নাইট্রোজেন, ক্লোরিন, সালফার প্রভৃতির সহিত যুক্ত হয়। $2Al+N_2=2AlN$; $2Al+3Cl_2=2AlCl_3$

ব্যবহার : অ্যালুমিনিয়াম বেশ হাল্‌কা এবং টেকসই বলিয়া মোটর গাড়ী, বিমান প্রভৃতির দেহ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। বাসনপত্র, পুল; প্রভৃতির নির্মাণ কার্যেও অ্যালুমিনিয়ামের প্রয়োজন হয়। রূপালী প্যাকিং কাগজ যথা, সিগারেটের মোড়ক প্রস্তুতিতে অ্যালুমিনিয়ামের পাত ব্যবহৃত হয়। সম ওজনের অ্যালুমিনিয়ামের তড়িৎ-পরিবাহিতা কপারের 200%। তাই তড়িৎ-পরিবহনের তার হিসাবে অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার দেখা যায়। থারমিট বোমা, অ্যামোনাল ($Al+NH_4NO_3$), বাজী প্রভৃতি তৈয়ারীতে অ্যালুমিনিয়ামের প্রয়োজন হয়। অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ তিসির তৈলের সহিত মিশ্রিত করিয়া রঙ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। অ্যালুমিনিয়ামের প্রধান প্রধান ধাতু-সঙ্কর ও উহাদের উপাদান এবং ব্যবহার নিম্নে দেওয়া হইল।

ধাতু-সঙ্করের নাম	উপাদান	ব্যবহার
(i) ম্যাগনেলিয়াম	Al 98 : Mg 2	সস্তা তুলাদণ্ড, যন্ত্রের অংশ।
(ii) ডুরালুমিন	Al 95 : Cu 4 : Mg 0·5 : Mn 0·5	বিমান ও মোটরের যন্ত্রপাতি।
(iii) অ্যালুমিনিয়াম ব্রোঞ্জ	Al 10 : Cu 90	মুদ্রা, বাসনপত্র, ফটোর ফ্রেম প্রভৃতি।

থারমিট পদ্ধতি : 1000°C বা ততোধিক উষ্ণতায় অ্যালুমিনিয়ামের অক্সিজেন-আসক্তি খুব প্রবল। তাই, [তাড়িত-রাসায়নিক বৈভব শ্রেণীতে (Electro-chemical series) অ্যালুমিনিয়ামের নিম্নতর স্থানে অবস্থিত] অনেক ধাতুর অক্সাইডকে অ্যালুমিনিয়াম বিজারিত করে এবং এই বিজারণ বিক্রিয়ায় প্রচুর তাপের সৃষ্টি হয়। অ্যালুমিনিয়াম দ্বারা ধাতুর অক্সাইডের এই বিজারণ পদ্ধতিকে থারমিট পদ্ধতি বলা হয়।

23-3. তাম্র (Copper)

প্রতীক বা চিহ্ন—Cu পারমাণবিক গুরুত্ব—63·57 পরমাণু ক্রমাঙ্ক—29

প্রকৃতিতে কপার মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। কিন্তু অধিকাংশ কপারই বিভিন্ন যৌগ হিসাবে প্রকৃতিতে অবস্থান করে। কপারের প্রধান প্রধান খনিজগুলি হইল :

(i) অক্সাইড : লাল কপার আকরিক বা কিউপ্রাইট (Cuprite)—Cu_2O.

(ii) সালফাইড : কপার গ্লান্স (Copper glance) বা চালকোসাইট (Chalcocite)—Cu_2S ; কপার পাইরাইটিস (Chalcopyrites)—$Cu_2S.\ Fe_2S_3$, বা $CuFeS_2$

(iii) কার্বনেট : ম্যালাকাইট (Malachite)—$CuCO_3$, $Cu(OH)_2$
অ্যাজুরাইট (Azurite)—$2CuCO_3$, $Cu(OH)_2$

পৃথিবীর চাহিদার শতকরা প্রায় 75 ভাগ কপারই উহার সালফাইড আকরিক হইতে প্রস্তুত করা হয়।

নিষ্কাশন : কপার পাইরাইটিস হইতে কপার নিষ্কাশনের আধুনিক শুষ্ক পদ্ধতি নিম্নলিখিত কয়েকটি প্রক্রিয়ায় বিভক্ত :

(i) আকরিকের গাঢ়ীকরণ, (ii) গাঢ় আকরিকের তাপজারণ, (iii) তাপজারিত আকরিকের বিগলন ও ম্যাট প্রস্তুতি, (iv) ম্যাট হইতে ধাতু নিষ্কাশন, (v) উৎপন্ন অবিশুদ্ধ ধাতুর বিশোধন।

(i) **আকরিকের গাঢ়ীকরণ** (Concentration) : কপার পাইরাইটিস আকরিকে কপারের পরিমাণ সাধারণত 2-3%-এর কম থাকে। এই খনিজের সহিত আয়রন সালফাইড এবং সিলিকেট জাতীয় অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। তাই খনিজটিকে চূর্ণ করিয়া উহার সহিত জল, পাইন তৈল, চুন, সোডিয়াম জ্যানথেট মিশ্রিত করা হয়। চিত্রে প্রদর্শিত ব্যবস্থামত সচ্ছিদ্র সরু নলের মাধ্যমে উক্ত মিশ্রণের ভিতর দিয়া প্রচুর পরিমাণে বায়ু পরিচালিত করিয়া উহাকে উত্তমরূপে আলোড়িত করা হয়। ইহার ফলে ধাতুর সালফাইড-এর দানাগুলি তৈলসিক্ত হইয়া ফেনার সহিত



কপার-আকরিক গাঢ়ীকরণ

জলের উপর ভাসিয়া উঠে। কিন্তু সিলিকেট জাতীয় পদার্থগুলি এবং অন্যান্য অপদ্রব্যগুলি জলদ্বারা সিক্ত হইয়া পাত্রের নিম্নাংশে থিতাইয়া পড়ে। তরলের উপরিস্থিত ফেনা তুলিয়া লইয়া উহা হইতে আকরিক চূর্ণ পৃথক্‌ভাবে সংগ্রহ করা হয় এবং শুষ্ক করা হয়। এই গাঢ় আকরিকে কপারের পরিমাণ প্রায় 30%।

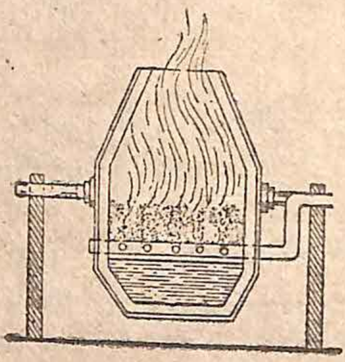
(ii) **তাপজারণ** (Roasting) : গাঢ় আকরিককে একটি বহু কক্ষ-সমন্বিত চুল্লীতে বায়ু-প্রবাহে উত্তপ্ত করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় উদ্বায়ী পদার্থগুলি যেমন জলীয় বাষ্প, আর্সেনিক অক্সাইড প্রভৃতি দূরীভূত হয়। আকরিকের অতিরিক্ত সালফার জারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং চুল্লী হইতে নির্গত হইয়া যায়। ধাতুগুলি আংশিকভাবে জারিত হইয়া স্বল্প পরিমাণে উহাদের অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$2CuFeS_2 + O_2 = Cu_2S + 2FeS + SO_2.$$
$$2CuFeS_2 + 4O_2 = Cu_2S + 2FeO + 3SO_2.$$
$$2Cu_2S + 3O_2 = 2Cu_2O + 2SO_2.$$

(iii) **তাপজারিত আকরিকের বিগলন ও ম্যাট প্রস্তুতি** (Smelting) : সিলিকা এবং কিছু আকরিক চূর্ণের (unroasted ore) সহিত তাপ-জারিত আকরিক মিশ্রিত করিয়া পরাবর্ত চুল্লীতে অতি উচ্চ উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। ডেলার আকারের আকরিক হইলে খানিকটা কোকচূর্ণও আংশিক তাপজারিত আকরিকের সহিত জ্বালানি হিসাবে মিশ্রিত করিয়া দেওয়া হয় এবং এই প্রক্রিয়াটি মারুত চুল্লীতে নিষ্পন্ন করা হয়। মারুত চুল্লীর বাহিরের দিকে শীতল জল প্রবাহের ব্যবস্থা আছে। তাপ জারণের ফলে যে স্বল্প পরিমাণ কপার অক্সাইড উৎপন্ন হয় উহা আয়রন সালফাইডের সহিত বিক্রিয়ায় কপার সালফাইড এবং আয়রন অক্সাইড গঠন করে। $Cu_2O + FeS = Cu_2S + FeO$.

এই ফেরাস অক্সাইড এবং তাপজারণে উৎপন্ন ফেরাস অক্সাইড বিগলন প্রক্রিয়াতে সিলিকার সহিত যুক্ত হইয়া ফেরাস সিলিকেট, ধাতুমল উৎপন্ন করে। $FeO + SiO_2 = FeSiO_3$। ফেরাস সিলিকেট, গলিত ফেরাস সালফাইড ও কিউপ্রাস সালফাইডের মিশ্রণ অপেক্ষা লঘু বলিয়া ভাসিয়া উঠে এবং উহা অপসারিত করা হয়। এই গলিত সাইসাইড মিশ্রণকেই 'ম্যাট' বলে। ইহাতে প্রায় শতকরা 50 ভাগ কপার আছে।

(iv) **ম্যাট হইতে ধাতু নিষ্কাশন** (Production of metallic copper from matte): পরাবর্ত বা মারুত চুল্লী হইতে গলিত ম্যাটকে সরাসরি বিসিমার কনভার্টার নামক বিশেষ এক চুল্লীতে লওয়া হয়। কনভার্টারের ভিতরের দিকে ম্যাগনেসিয়া নির্মিত ইষ্টকের আবরণ থাকে। পরিমাণ মত সিলিকা কনভার্টারের মধ্যস্থিত ম্যাটের সহিত মিশ্রিত করিয়া দেওয়া হয়। একটি পার্শ্বস্থিত নলের সাহায্যে উচ্চ চাপে বাত্যাপ্রবাহ কনভার্টারের মধ্যে চালনা করা হয়। 'ম্যাট'-এর আয়রন সাইফাইডই প্রথমে জারিত হইয়া আয়রন অক্সাইডে পরিণত হয়। আয়রন অক্সাইড সিলিকার সহিত যুক্ত হইয়া ফেরাস সিলিকেট, ধাতুমল উৎপন্ন করে। ধাতুমলটি অপসারিত করা হয় এবং বায়ুপ্রবাহ অব্যাহত রাখা হয়। অতঃপর কপার সালফাইড জারিত হইয়া কপার অক্সাইডে পরিণত হয়। উৎপন্ন কপার অক্সাইড অপরিবর্তিত কপার-সালফাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কপার উৎপন্ন করে।



বিসিমার কনভার্টার

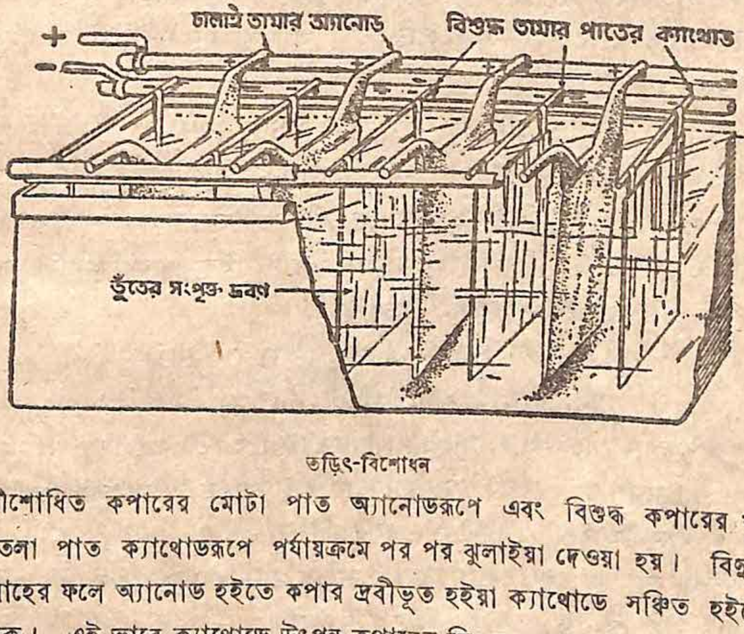
$$2Cu_2S + 3O_2 = 2Cu_2O + 2SO_2 \; ; \; Cu_2S + 2Cu_2O = 6Cu + SO_2.$$

বিক্রিয়াশেষে কনভার্টারটিকে একদিকে কাত করিয়া গলিত কপার ঢালিয়া ফেলা হয়। উৎপন্ন কপার শীতল হইয়া কঠিন হইবার সময় ইহার মধ্যে যে সালফার ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে তাহা বাহির হইয়া যায়। এই জন্য উৎপন্ন কপারের উপরিভাগ ফোস্কার ন্যায় দেখায় এবং ইহাকে 'ব্লিস্টার' (blister) কপার বলে।

(v) **উৎপন্ন অবিশুদ্ধ ধাতুর বিশোধন** (Refining of impure copper): (a) চুল্লী বিশোধন—কনভার্টার হইতে প্রাপ্ত ব্লিস্টার কপারে শতকরা 2-3 ভাগ অবিশুদ্ধি থাকে। ব্লিস্টার কপারকে সিলিকার আচ্ছাদনযুক্ত পরাবর্ত চুল্লীতে বায়ুর উপস্থিতিতে গলানো হয়। ইহার ফলে অপদ্রব্যগুলি জারিত হয়। উৎপন্ন অক্সাইডসমূহের কতকগুলি চুল্লী হইতে নির্গত হইয়া যায় এবং বাকীগুলি সিলিকার সহিত যুক্ত হইয়া ধাতুমল গঠন করে। ধাতুমল

অপসারিত করিয়া অবশিষ্ট গলিত দ্রব্যের উপর কিছু কোকচূর্ণ ছড়াইয়া দেওয়া হয় ও গলিত কপারকে কাঁচা কাঠ দ্বারা আলোড়িত করা হয়। ইহাতে ব্লিস্টার কপারে যে সামান্য কপার অক্সাইড অবস্থিত থাকে তাহা কোক ও উৎপন্ন বিজারক গ্যাস দ্বারা বিজারিত হইয়া যায়। এইভাবে উৎপন্ন কপারের বিশুদ্ধতা প্রায় 99%.

(b) তড়িৎ বিশোধন : চুল্লী শোধনে যে কপার উৎপন্ন হয় তাহা পাত, নল, মুদ্রা প্রভৃতি প্রস্তুত করিবার পক্ষে যথেষ্ট বিশুদ্ধ। কিন্তু তড়িৎ-শিল্পে ব্যবহারের জন্য আরও বিশুদ্ধ কপারের প্রয়োজন। ইহা পাওয়া যায় তড়িৎ-বিশোধন প্রক্রিয়ার দ্বারা। সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লিকৃত কপার-সালফেট দ্রবণে



তড়িৎ-বিশোধন

চুল্লীশোধিত কপারের মোটা পাত অ্যানোডরূপে এবং বিশুদ্ধ কপারের খুব পাতলা পাত ক্যাথোডরূপে পর্যায়ক্রমে পর পর ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে অ্যানোড হইতে কপার দ্রবীভূত হইয়া ক্যাথোডে সঞ্চিত হইতে থাকে। এই ভাবে ক্যাথোডে উৎপন্ন কপারের বিশুদ্ধতা 99·99%.

কপারের ধর্ম

ভৌত ধর্ম : কপার একটি গোলাপী-লাল রঙবিশিষ্ট ধাতু। ইহাকে 'তাম্র লাল' বলে। কপার নমনীয়, ঘাতসহ এবং প্রসারণশীল। ইহা তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী। ইহার ঘনত্ব 8·9 এবং গলনাঙ্ক 1083°C।

রাসায়নিক ধর্ম : সাধারণ উষ্ণতায় শুষ্ক বায়ুতে কপারের কোন পরিবর্তন হয় না। আর্দ্র বায়ুতে কপারের উপর কপার-অক্সাইডের একটি বাদামী রঙের

পাতলা আস্তরণ পড়ে। শিল্পাঞ্চলের বায়ুতে কপারের উপর কপার-সালফাইডেরও আবরণ পড়ে। কারণ, শিল্পাঞ্চলের বায়ুতে হাইড্রোজেন সালফাইড থাকে এবং শেষ পর্যন্ত এই আবরণ সবুজ রঙের ক্ষারকীয় কপার সালফেটে পরিণত হয়। কপারকে বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে প্রথমে কিউপ্রিক অক্সাইড গঠিত হয় কিন্তু উষ্ণতা 1100°C-এর অধিক হইলে কিউপ্রিক অক্সাইড কিউপ্রাস অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$2Cu + O_2 = 2CuO \; ; \; 4CuO = 2Cu_2O + O_2$$

তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে কপারের স্থান হাইড্রোজেনের নিচে বলিয়া শীতল অজারক (non-oxidising—হাইড্রোক্লোরিক বা লঘু সালফিউরিক) অ্যাসিডের সহিত ইহার কোন বিক্রিয়া ঘটে না। বাতাসের উপস্থিতিতে কপার ধীরে ধীরে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক বা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়।

$$2Cu + 2H_2SO_4 + O_2 = 2CuSO_4 + 2H_2O$$

$$2Cu + 4HCl + O_2 = 2CuCl_2 + 2H_2O.$$

গাঢ় এবং তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিডে কপার দ্রবীভূত হয়। ফুটন্ত ও গাঢ় HCl দ্বারা কপার ধীরে ধীরে আক্রান্ত হয়। কিন্তু জারক অ্যাসিড যথা, নাইট্রিক অ্যাসিডে ইহা সহজেই দ্রবীভূত হয়।

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2 \; ;$$

$$2Cu + 8HCl = 2H_3CuCl_4 + H_2$$

ক্ষারক পদার্থের দ্রবণের সহিত সাধারণত কপারের কোন বিক্রিয়া ঘটে না। কিন্তু অক্সিজেনের বর্তমানে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড কপার চূর্ণকে দ্রবীভূত করিয়া গাঢ় নীল বর্ণের দ্রবণ উৎপন্ন করে।

ইহা তপ্ত অবস্থায় সোজাসুজি ক্লোরিন গ্যাস ও সালফার বাষ্পের সহিত ক্রিয়া করিয়া ক্লোরাইড ও সালফাইড গঠন করে।

$$Cu + Cl_2 = CuCl_2 \; ; \; Cu + S = CuS$$

তাড়িৎ-রাসায়নিক বৈভব শ্রেণীতে যে সকল ধাতু কপারের নিম্নে অবস্থিত, কপার সেই সকল ধাতুকে উহার লবণ হইতে প্রতিস্থাপিত করে। যথা, (i) কপার ধাতুকে মারকারি-ক্লোরাইড দ্রবণে রাখিলে, তৎক্ষণাৎ কপারের উপর ধাতব মারকারি জমিতে থাকে।

$$Cu + HgCl_2 = CuCl_2 + Hg$$

(ii) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে ধাতব কপার রাখিলে, সিলভার দ্রবণ হইতে অধঃক্ষিপ্ত হয়। $Cu+2AgNO_3=2Ag+Cu(NO_3)_2$

কিন্তু যে সকল ধাতুর স্থান এই বৈভব-শ্রেণীতে কপারের উর্ধ্বে সেই সকল ধাতু কপারের লবণ হইতে কপারকে প্রতিস্থাপিত করে। যথা, (i) একখণ্ড লৌহ কপার সালফেট দ্রবণে রাখিলে, লৌহের উপর ধাতব কপার জমিতে আরম্ভ করে।

$$Fe+CuSO_4=Cu+FeSO_4$$

(ii) সেইরূপে জিঙ্ক কপার সালফেট দ্রবণ হইতে কপারকে অধঃক্ষিপ্ত করে।

$$Zn+CuSO_4=Cu+ZnSO_4$$

কপারের ব্যবহার ঃ কপার বিদ্যুতের সুপরিবাহী বলিয়া বিদ্যুৎশিল্পে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ইহা বিদ্যুৎ লেপনে, ছাঁচ ও অক্ষর প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। মুদ্রার অন্যতম উপাদান কপার। ইহা তাপ পরিবহনে সক্ষম বলিয়া এবং অপেক্ষাকৃত উচ্চ উষ্ণতায় ও বায়ু বা জলীয় বাষ্পের সহিত ইহার বিশেষ কোন ক্রিয়া নাই বলিয়া গৃহস্থালির বাসন-পত্রাদি যথা, রাঁধিবার পাত্র এবং উচ্চ উষ্ণতায় ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি নির্মাণে ইহার প্রয়োজন হয়। ইহা ছাড়া, নিম্নলিখিত কতকগুলি অতি প্রয়োজনীয় ধাতু-সঙ্কর প্রস্তুতিতে কপারের ব্যবহার বিশেষ উল্লেখযোগ্য :

নাম	উপাদান ও অনুপাত	ব্যবহার
1. ব্রাস	Cu 70 : Zn 30	গৃহস্থালির বাসনপত্র
2. ব্রোঞ্জ	Cu 90 : Sn 10	মূর্তি, বাসনপত্র
3. জার্মান সিলভার	Cu 50 : Zn 30 : Ni 20	বাসনপত্র ও চারুশিল্প
4. বেল মেটাল	Cu 80 : Sn 20	মুদ্রা, মূর্তি, ঘণ্টা
5. মনেল মেটাল	Cu 30 : Ni 67 : (Fe+Mn)3	পাম্প, রাসায়নিক যন্ত্রপাতি।

23-4. লৌহ ও ইস্পাত
(Iron and steel)

বর্তমান সভ্যতায় লৌহের প্রয়োজনীয়তা যেমন অধিক, প্রকৃতিও তেমন ইহা দান করিয়াছে অকৃপণ হাতে ; কিন্তু প্রকৃতির লৌহভাণ্ডার বিপুল হইলেও খুব অল্প পরিমাণ লৌহ মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। কিন্তু ইহাও অপার্থিব। কারণ, কেবলমাত্র ধাতুময় উল্কাপিণ্ডের ভিতরই কিছু লৌহ মুক্ত

অবস্থায় পাওয়া যায়। যৌগ অবস্থায়ই ইহা প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে থাকে। লৌহের প্রধান প্রধান খনিজ হইল :

(i) অক্সাইড : ম্যাগনেটাইট (Magnetite)—Fe_3O_4
রেড হিমাটাইট (Haematite)—Fe_2O_3

(ii) সোদক অক্সাইড : ব্রাউন হিমাটাইট (Haematite)—$2Fe_2O_3, 3H_2O$

(iii) কার্বনেট : স্প্যাথিক লৌহ খনিজ, স্প্যাথোজ বা সিডারাইট
(Spathic iron ore, Spathose or Siderite) —$FeCO_3$.

লৌহের যে-সকল খনিজে সালফার, ফসফরাস বা আর্সেনিক থাকে সে-সকল খনিজ লৌহ নিষ্কাশনের পক্ষে উপযোগী নহে। কারণ, এই সকল অশুদ্ধি থাকিলে উৎপন্ন লৌহ ভঙ্গুর হইয়া থাকে। উদাহরণস্বরূপ আয়রনের সালফাইড যৌগ, আয়রন পাইরাইটিস যথেষ্ট পরিমাণে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। কিন্তু ইহাতে প্রচুর পরিমাণে সালফার থাকার জন্য ইহা আয়রনের আকরিক হিসাবে ব্যবহৃত হয় না বরং সালফার ডাই-অক্সাইড এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্যোৎপাদনে ইহা ব্যবহৃত হয়। কিন্তু দগ্ধ পাইরাইটিস লৌহ নিষ্কাশনের জন্য ব্যবহৃত হইতে পারে।

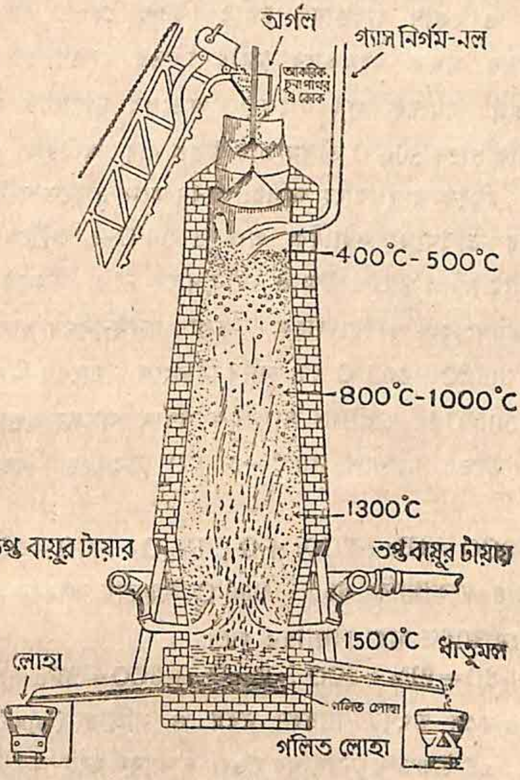
নিষ্কাশন : কেবল অক্সাইড বা কার্বনেট খনিজ বা দগ্ধ পাইরাইটিস হইতেই লৌহ নিষ্কাশন করা হইয়া থাকে এবং ইহা দুইটি প্রক্রিয়ার সাহায্যে নিষ্পন্ন করা হয়—

(i) ভস্মীকরণ ও (ii) মারুত-চুল্লীতে বিগলন বা বিজারণ।

(i) **ভস্মীকরণ :** লৌহের আকরিক স্তূপাকারে সাজাইয়া অল্প কয়লায় পোড়াইয়া উত্তপ্ত করা হয় যাহার ফলে :—(*a*) জল, কার্বন-ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি দূরীভূত হয় ; (*b*) আকরিকে ফেরাস যৌগ থাকিলে উহা জারিত হইয়া ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয় এবং ইহা লৌহের অপচয় নিবারণ করে ; কারণ, আকরিকে ফেরাস অক্সাইড থাকিলে উহা পরবর্তী বিগলন প্রক্রিয়াতে সিলিকার সহিত যুক্ত হইয়া ফেরাস সিলিকেট, ধাতুমল গঠন করে এবং (*c*) সমস্ত গ্যাস নির্গত হইয়া যাইবার ফলে আকরিকটি হাল্‌কা এবং ঝাঁঝরা হয়।

(ii) **বিগলন :** ভস্মীভূত আকরিককে কোক এবং বিগালকরূণী (flux) চুনা পাথরের সহিত মিশ্রিত করিয়া মারুত-চুল্লীতে উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে ফেরিক অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতব আয়রনে পরিণত হয়।

মারুত-চুল্লী—লৌহ নিষ্কাশনে ব্যবহৃত মারুত-চুল্লীর কাঠামো ইস্পাতের তৈয়ারী। ইস্পাতের ভিতরের দিকে অগ্নিসহ মৃত্তিকা নির্মিত ইষ্টকের একটি পুরু আবরণ থাকে। এই মারুত-চুল্লী আয়তনে খুব বড়; ইহার উচ্চতা 50 হইতে 100 ফুট এবং ইহার ব্যাস 15 হইতে 20 ফুট। সর্বাপেক্ষা প্রশস্ত অংশ যাহাকে "বস্" বলা হয়, সেই অংশে চুল্লীর ব্যাস প্রায় 20 ফুট। কিন্তু



মারু-ত চুল্লীতে বিগলন

কোন কোন চুল্লীর উচ্চতা প্রায় 120 ফুট এবং উহার প্রশস্ততম অংশের ব্যাস প্রায় 25 ফুট হইয়া থাকে। "বস্" হইতে উপরের ও নীচের দিকে চুল্লী ক্রমশঃ সরু হইয়া গিয়াছে। ইহার নীচের দিকের মুখের ব্যাস প্রায় 10 ফুট। চুল্লীর তলদেশের অংশকে হার্ত (hearth) বলা হয়। হার্তে দুইটি নির্গমনালা থাকে। উপরের দিকে যে নির্গমনালা থাকে তাহার ভিতর দিয়া ধাতুমল এবং নীচের নির্গমনালা দিয়া গলিত ধাতু বাহির করিয়া আনা হয়। নির্গমনালা দুইটির একটু উপরে কতকগুলি শক্ত নল চুল্লীর ভিতরে প্রবেশ করানো থাকে। ইহাদিগকে টায়ার (Tuyers) বলা হয়। ইহাদের সাহায্যে চুল্লীর ভিতর তপ্ত ও শুষ্ক বায়ু চালানো হয়। "বস্" হইতে সুরু করিয়া চুল্লীর নিম্নাংশের চতুর্দিকে শীতল জল প্রবাহিত করা হয়। ইহার ফলে চুল্লীর ভিতরের প্রচণ্ড তাপে চুল্লীর এই অংশের ক্ষয়ক্ষতি অনেকটা কমিয়া যায়। চুল্লীর উপরের মুখে একটি কাপ এবং কোণ

(cup and cone) সরঞ্জাম থাকে। ইহার সাহায্যে ভস্মীকৃত আকরিক, কোক এবং চুনা পাথরের মিশ্রণ চুল্লীর ভিতর প্রবেশ করানো হয়। চুল্লীর উপর দিকে গ্যাস নির্গমনের একটি পথ আছে।

প্রথমে চুল্লীর ভিতরে স্তূপীকৃত কাষ্ঠ জ্বালাইয়া দেওয়া হয় এবং ভস্মীকৃত আকরিক, কোক ও চুনাপাথর 5 : 2 : 1 অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া উপর দিক হইতে (কাপ ও কোণ ব্যবস্থায়) চুল্লীর ভিতর দেওয়া হয়। এই মিশ্রণ কিছু সময় অন্তর অন্তর এমনভাবে চুল্লীর ভিতর দেওয়া হয় যাহাতে চুল্লীর $\frac{4}{5}$ অংশ সকল সময়েই পূর্ণ থাকে। অতঃপর টায়ারের সাহায্যে প্রায় 2 অ্যাটমসফিয়ার চাপে 800°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত বায়ু অবিরাম চুল্লীর ভিতরে চালানো হয়। কোক বায়ুপ্রবাহে জ্বলিয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয় এবং চুল্লীর ভিতরের তাপমাত্রা সর্বাধিক প্রায় 1500°C-এ পৌঁছে। $2C+O_2=2CO$, চুল্লীর সকল স্থানের উষ্ণতা সমান থাকে না। উষ্ণতা উপর হইতে নীচের দিকে ক্রমশঃ বৃদ্ধি পাইয়া থাকে। চুল্লীর গ্যাস-নির্গম পথের নিকটবর্তী স্থানের উষ্ণতা 300°C—400°C এবং চুল্লীর নিম্নাংশে টায়ারের নিকটবর্তী স্থানের উষ্ণতা প্রায় 1500°C। ভস্মীকৃত আকরিক অর্থাৎ আয়রন অক্সাইড, Fe_2O_3 কার্বন মনোক্সাইডের সংস্পর্শে 300°—500°C উষ্ণতায় বিজারিত হইতে আরম্ভ করে।

$$2Fe_2O_3+8CO=4Fe+7CO_2+C\ ;\ Fe_2O_3+CO=2FeO+CO_2$$

চুল্লীর প্রায় মাঝামাঝি 600°—900°C উষ্ণতায় আয়রন অক্সাইড কার্বন এবং কার্বন মনোক্সাইড দ্বারা বিজারিত হয়।

$$Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO\ ;\ Fe_2O_3+3CO=2Fe+3CO_2$$

বিজারণের ফলে উৎপন্ন আয়রন নরম ও সচ্ছিদ্র (spongy) অবস্থায় পরিণত হয়। এই উষ্ণতায় চুনাপাথর CaO ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে বিযোজিত হয়, $CaCO_3=CaO+CO_2$। আরও খানিকটা নীচের দিকে 1000°C উষ্ণতায় আয়রন অক্সাইডের বিজারণ প্রায় সম্পূর্ণ হইয়া যায়। উৎপন্ন CaO সিলিকার সহিত যুক্ত হইয়া ক্যালসিয়াম সিলিকেট (ধাতুমল) গঠন করে।

$$CaO+SiO_2=CaSiO_3$$

আরও উচ্চ উষ্ণতায় আকরিকের সহিত মিশ্রিত ম্যাঙ্গানিজের যৌগ, ফসফেট এবং সিলিকাও (অংশত) বিজারিত হইয়া যথাক্রমে ম্যাঙ্গানিজ, ফসফরাস এবং সিলিকনে পরিণত হয়।

$$MnO_2+2C=Mn+2CO\ ;\ P_2O_5+5C=2P+5CO$$
$$SiO_2+2C=Si+2CO$$

হার্তে 1500°C উষ্ণতায় লৌহ গলিয়া যায় এবং উৎপন্ন লৌহ এই মৌল পদার্থগুলিকে শোষণ করিয়া লয়। ধাতুমল গলিত অবস্থায় গলিত লৌহের উপর ভাসিতে থাকে। সুতরাং ইহা গলিত ধাতুকে বায়ুর জারণ ক্রিয়া হইতে রক্ষা করে। উপরের নির্গম পথে ধাতুমল বাহির করা হয়। অপর নির্গম পথে গলিত লৌহ বাহির করা হয় এবং বালির ছাঁচে শীতল করিয়া বিশেষ আকারের পিণ্ডে পরিণত করা হয়। ইহাকে পিগ্ লৌহ বা ঢালাই লৌহ বলে।

উপযুক্ত সময়ের ব্যবধানে উপর হইতে ভস্মীকৃত আকরিক, চুনাপাথর এবং কোকের মিশ্রণ চুল্লীর ভিতর দেওয়া হয় এবং চুল্লীর নিম্নাংশে অবস্থিত নির্দিষ্ট নির্গম পথে ধাতুমল ও গলিত লৌহ বাহির করিয়া লওয়া হয়। সুতরাং মারুত-চুল্লীর মেরামতের প্রয়োজন না হওয়া পর্যন্ত দীর্ঘদিন ধরিয়া অবিরাম ইহা ব্যবহার করা হয়।

বিশুদ্ধ লৌহ ঃ ফেরিক অক্সাইডকে 1000°C উষ্ণতায় হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা বিজারিত করিয়া সম্পূর্ণরূপে বিশুদ্ধ লৌহ প্রস্তুত করা যায়।

$$Fe_2O_3+3H_2=2Fe+3H_2O$$

বিশুদ্ধ ফেরাস ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়াও বিশুদ্ধ লৌহ পাওয়া যায়। তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে সঞ্চিত হয় বিশুদ্ধ লৌহ।

ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ বিশুদ্ধ লৌহ একটি নরম সাদা ধাতু। ইহা ঘাতসহ ও প্রসারণশীল। ইহা চুম্বকদ্বারা আকৃষ্ট হয় এবং ইহাকে অস্থায়িভাবে চুম্বকিত করা যায়। ইহার ঘনত্ব 7·85 এবং গলনাঙ্ক 1539°C।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ শুষ্ক বায়ুর সহিত লৌহের কোন বিক্রিয়া ঘটে না। কিন্তু আর্দ্র বায়ুতে লৌহের উপর মরিচা পড়ে। লোহিত তপ্ত লৌহ অক্সিজেনে জ্বলিয়া ওঠে এবং ইহার ফলে লৌহ জারিত হইয়া আয়রন অক্সাইড, Fe_3O_4-এ পরিণত হয়।

লোহিত তপ্ত অবস্থায় লৌহ বায়ু বা জলীয় বাষ্পদ্বারা জারিত হইয়া ফেরোসো-ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$3Fe+4H_2O=Fe_3O_4+4H_2$$

লৌহ লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং লৌহ ফেরাস লবণে পরিণত হয়।

$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$; $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$

লৌহ শীতল ও লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় ফেরাস নাইট্রেট ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট গঠন করে।

$4Fe + 10HNO_3 = 4Fe(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$

অপেক্ষাকৃত ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড আয়রনের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গঠন করে।

$$Fe + 6HNO_3 = Fe(NO_3)_3 + 3NO_2 + 3H_2O$$

অতি গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড লৌহের সংস্পর্শে আসিলে লৌহ অ্যাসিডে দ্রবীভূত না হইয়া 'নিষ্ক্রিয় অবস্থা' প্রাপ্ত হয়।

সাধারণ লৌহ কপার সালফেট, সিলভার নাইট্রেট প্রভৃতি দ্রবণে ডুবাইলে, দ্রবণ হইতে যথাক্রমে কপার, সিলভার প্রভৃতি অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$Fe + CuSO_4 = Cu + FeSO_4$$

কিন্তু যে-লৌহকে অতি গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে ডুবান হইয়াছে তাহার এই সকল ধর্ম লোপ পায় এবং এইজন্য এইরূপ লৌহকে 'নিষ্ক্রিয়' (passive) লৌহ বলে। লৌহের উপর আয়রন অক্সাইডের (Fe_2O_3) একটি অবিচ্ছিন্ন আবরণ পড়ে বলিয়া লৌহ এই নিষ্ক্রিয়-অবস্থা প্রাপ্ত হয়।

লৌহকে উত্তপ্ত করিলে উহা সোজাসুজি ক্লোরিন, সালফার এবং কার্বনের সহিত যুক্ত হইয়া যথাক্রমে ক্লোরাইড, সালফাইড এবং কার্বাইড গঠন করে।

ক্ষার লৌহের উপর বিক্রিয়াহীন।

মরিচা (Rust): লৌহ আর্দ্র বায়ুতে রাখিয়া দিলে উহার উপরিভাগে বাদামী বর্ণের একপ্রকার গুড়ার শিথিল আবরণ পড়ে। ইহাকে লৌহের 'মরিচা ধরা' বলা হয় এবং বাদামী বর্ণের পদার্থকে মরিচা বলে। মরিচা খুব সম্ভবত সোদক আয়রন অক্সাইড এবং ইহাতে প্রধানত $2Fe_2O_3.3H_2O$ যৌগটি বর্তমান। কিন্তু সদ্য উৎপন্ন মরিচায় স্বল্প পরিমাণ ফেরাস কার্বনেট বর্তমান থাকে। মরিচা-ধরা একবার শুরু হইলে, ইহা খুব দ্রুত সম্পন্ন হয়।

বিশুদ্ধ লৌহে মরিচা পড়ে না। ইহা ছাড়া, মরিচা পড়ার জন্য প্রয়োজন হয় জল ও অক্সিজেনের।

ঢালাই লৌহ, পেটা লৌহ এবং ইস্পাত

সাধারণ লৌহে যে সকল অপদ্রব্য থাকে উহাদের প্রকৃতি ও পরিমাণের উপর লৌহের ভৌত ধর্ম অনেকাংশে নির্ভরশীল। লৌহে অবস্থিত কার্বনের শতকরা পরিমাণ অনুযায়ী লৌহকে ঢালাই লৌহ, পেটা লৌহ এবং ইস্পাত এই তিন শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে।

ঢালাই লৌহ (Cast iron) : ইহাতে কার্বনের পরিমাণ 2·2—4·5% এবং ইহাতে স্বল্প পরিমাণ সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ, ফস্‌ফরাস এবং সালফার থাকে। ইহার গলনাঙ্ক 1200°C। ইহা খুব কঠিন কিন্তু ভঙ্গুর। তাই, ইহা পিটাইয়া কিছু তৈয়ারী করা যায় না। ইহার দ্বারা জলের পাইপ, ল্যাম্প-পোস্ট, রেলিং, কড়াই, সাজের দ্রব্য প্রভৃতি (অর্থাৎ যে সকল দ্রব্য ঢালাই করিয়া তৈয়ারী করা যায়) তৈয়ারী করা হয়। তবে, ঢালাই লৌহের বেশীর ভাগই ইস্পাত ও পেটা লৌহ প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয়।

পেটা লৌহ (Wrought iron) : ইহাতে কার্বনের পরিমাণ 0·12 – 0·25%। তিন শ্রেণীর লৌহের মধ্যে পেটা লৌহই অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ। ইহার গলনাঙ্ক 1500°C। ইহা আঁশাল, নরম এবং ঘাতসহনশীল। তাই ইহাকে পিটাইয়া পাতলা পাত তৈয়ারী করা সম্ভব। ইহা নোঙ্গর (anchor), শিকল, পিয়ানোর তার ও বৈদ্যুতিক চুম্বকের অন্তর-অংশ (core) ইত্যাদি প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয়।

ইস্পাত (Steel) : ইহাতে কার্বনের পরিমাণ ঢালাই লৌহ অপেক্ষা কম কিন্তু পেটা লৌহ অপেক্ষা বেশী। ইহাতে 0·15% হইতে 1·5% কার্বন বর্তমান থাকে। ইহা ছাড়া, ইহাতে অন্যান্য মৌলগুলি বিশেষতঃ ক্রোমিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ, নিকেল, ভ্যানেডিয়াম, টাংস্টেন প্রভৃতির এক বা একাধিক মৌল মিশ্রিত থাকে। এই মিশ্রিত পদার্থগুলি ইস্পাতকে বিভিন্নগুণসমন্বিত করে। করাত, ছুরি, কাঁচি প্রভৃতি কাটিবার এবং অস্ত্রোপচারের যন্ত্রপাতি ; ঘড়ি, চুম্বক, রেল, ইঞ্জিন, বরগা, আড়া, ট্রাঙ্ক প্রভৃতি প্রয়োজনীয় দ্রব্যাদি ; বন্দুক, মেসিনগান প্রভৃতি যুদ্ধাস্ত্র তৈয়ারীতে ইস্পাত বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

ঢালাই লৌহ, পেটা লৌহ ও ইস্পাতের বিশেষ বিশেষ ভৌত গুণের তুলনা :

ভৌত গুণ	ঢালাই লৌহ	ইস্পাত	পেটা লৌহ
1. কার্বনের পরিমাণ	2·2 – 4·5%	0·15 – 1·5%	0·12 – 0·25%
2. গঠনাকৃতি	কেলাসিত	কেলাসিত	তন্তুময় (fibrous)
3. গলনাঙ্ক	1200°C	1300° – 1400°C	1500°C
4. কাঠিন্য/ভঙ্গুরতা	শক্ত কিন্তু ভঙ্গুর	ভঙ্গুর ও নমনীয়	নমনীয়
5. পান দেওয়া যায় কিনা	পান দেওয়া যায় না	পান দেওয়া যায়	পান দেওয়া যায় না
6. জোড়া লাগান যায় কিনা	জোড়া লাগান যায় না	জোড়া লাগান যায়	জোড়া লাগান যায়
7. চুম্বক ধর্ম	স্থায়িভাবে চুম্বকিত করা যায় না।	স্থায়িভাবে চুম্বকিত করা যায়	স্থায়িভাবে চুম্বকিত করা যায় না।

ঢালাই লৌহ হইতে ইস্পাত প্রস্তুতির কার্যনীতি :

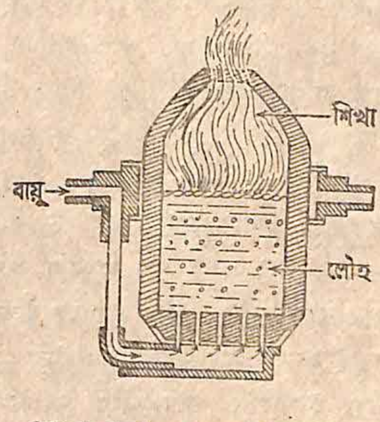
ঢালাই লৌহে কার্বন, সিলিকন, ফস্‌ফরাস, ম্যাঙ্গানিজ ও সালফার অপদ্রব্য হিসাবে মিশ্রিত থাকে। সুতরাং ঢালাই লৌহ হইতে এই সকল অপদ্রব্য দূরীভূত করা হয় এবং উৎপন্ন বিশুদ্ধতর লৌহের সহিত নির্দিষ্ট পরিমাণ কার্বন মিশ্রিত করিয়া ইস্পাত তৈয়ারী করা হয়। ইহা নিম্নলিখিত পদ্ধতির সাহায্যে সম্পন্ন করা যায় :

1. বিসিমার পদ্ধতি এবং 2. উন্মুক্ত হার্ত পদ্ধতি।

1. বিসিমার পদ্ধতি : বিসিমার পদ্ধতিতে কনভার্টারে গলিত ঢালাই লৌহ লওয়া হয়। ঢালাই লৌহে ফস্‌ফরাস না থাকিলে সিলিকার আস্তরযুক্ত কনভার্টার ব্যবহার করা হয় এবং এই পদ্ধতিকে অ্যাসিড বিসিমার পদ্ধতি বলে। আর ফস্‌ফরাস থাকিলে ভস্মীভূত ডলোমাইট বা ম্যাগনেসাইটের আস্তরযুক্ত কনভার্টার লওয়া হয় এবং উহাতে কিছু পরিমাণে কোক ও চুনাপাথর যোগ করা হয়। এই পদ্ধতিকে ক্ষারকীয় বিসিমার পদ্ধতি বলে।

অ্যাসিড পদ্ধতি : ন্যাশপাতির আকৃতিবিশিষ্ট (পরপৃষ্ঠার চিত্র দেখ) লৌহ-নির্মিত কনভার্টারকে অনুভূমিক অবস্থায় আনিয়া ব্লাস্ট ফারনেস হইতে গলিত ঢালাই লৌহ সরাসরি কনভার্টারের ভিতর ঢালা হয়। কনভার্টারকে

খাড়া অবস্থায় আনিয়া গলিত লৌহের ভিতর দিয়া বায়ুপ্রবাহ চালনা করা হয়। বায়ুপ্রবাহ লৌহের অশুদ্ধিগুলিকে জারিত করে এবং এই বিক্রিয়ায় যে তাপ উৎপন্ন হয় তাহা লৌহকে গলিত অবস্থায় রাখে। প্রথমেই সিলিকন এবং ম্যাঙ্গানিজ উহাদের অক্সাইডে জারিত হয় এবং ম্যাঙ্গানিজ সিলিকেট ধাতুমল গঠন করে। খানিকটা লৌহ জারিত হইয়া উহার অক্সাইডে পরিণত হয় এবং এই আয়রন অক্সাইড অবশিষ্ট সিলিকন এবং ম্যাঙ্গানিজকে উহাদের অক্সাইডে জারিত করে। সালফার জারিত হইয়া উহার অক্সাইডে পরিণত হয় এবং উৎপন্ন অক্সাইড উবিয়া যায়।



বিসিমার পদ্ধতিতে ব্যবহৃত কনভার্টার

$2Mn+O_2=2MnO$, $Si+O_2=SiO_2$, $2Fe+O_2=2FeO$, $FeO+Mn=Fe+MnO$, $2FeO+Si=2Fe+SiO_2$, $MnO+SiO_2=MnSiO_3$, $S+O_2=SO_2$। অতঃপর কার্বন জারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয় এবং উহা কনভার্টারের মুখে ঈষৎ নীলাভ শিখায় জলিতে থাকে। 6 হইতে 8 মিনিটের ভিতর শিখা নিভিয়া যায়। শিখা নিভিয়া গেলে বুঝা যায় যে কার্বন অপসারিত হইয়াছে। $2C+O_2=2CO$; $2CO+O_2=2CO_2$। এই অবস্থায় বায়ুপ্রবাহ বন্ধ করা হয় এবং কনভার্টারটি কাত করিয়া উহাতে উপযুক্ত পরিমাণ স্পাইজেল যোগ করা হয়। স্পাইজেল হইল আয়রন, ম্যাঙ্গানিজ এবং কার্বনের ধাতুসংকর। স্পাইজেল যোগ করিবার পর কনভার্টারের ভিতর পুনরায় বায়ুপ্রবাহ চালান হয় যাহাতে কনভার্টারের ভিতরের পদার্থগুলি উত্তমরূপে মিশ্রিত হয়। কার্বন এবং ম্যাঙ্গানিজ প্রথমত অক্সিজেন অপসারক (deoxidiser) হিসাবে কাজ করে—গলিত লৌহের ভিতর হইতে দ্রবীভূত অক্সিজেন অপসারিত করে এবং কনভার্টারে কোন আয়রন অক্সাইড অবশিষ্ট থাকিলে উহাকে ধাতব লৌহে বিজারিত করে। দ্বিতীয়ত অবশিষ্টাংশ গলিত লৌহে দ্রবীভূত হইয়া ইস্পাতের প্রয়োজনীয় উপাদান সরবরাহ করে এবং ইস্পাত উৎপন্ন হয়। ভাসমান ধাতুমল অপসারিত করিয়া গলিত ইস্পাতকে ছাঁচে ঢালাই করা হয়।

ক্ষারকীয় পদ্ধতি ঃ কনভার্টারের ভিতর চুনাপাথর ও কোক যোগ করা হয় এবং বায়ুপ্রবাহ চালনা করা হয়। অতঃপর গলিত ঢালাই লৌহ যোগ করিয়া পুনরায় বায়ুপ্রবাহ চালনা করা হয়। এই পদ্ধতিতেও সিলিকন এবং ম্যাঙ্গানিজ প্রথমে জারিত হয় এবং ধাতুমলে পরিণত হয়। অতঃপর কার্বন এবং ফস্‌ফরাস প্রায় একই সঙ্গে জারিত হয়। কার্বন মনোক্সাইড কনভার্টারের মুখে জ্বলিতে থাকে। এই শিখা নিভিয়া যাইবার পরও কিছুক্ষণ ধরিয়া বায়ুপ্রবাহ চালান হয় যাহাতে ফস্‌ফরাস সম্পূর্ণরূপে জারিত হয়। $4P+5O_2=2_2PO_5$। এই ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড চুনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্ষারকীয় ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট ধাতুমল উৎপন্ন করে $4CaO+P_2O_5=Ca\ (PO_4)_2CaO$। ধাতুমল অপসারিত করিয়া গলিত লৌহ বড় বড় হাতায় ঢালা হয় এবং উহাতে উপযুক্ত পরিমাণ স্পাইজেল যোগ করা হয়। স্পাইজেল গলিত লৌহের দ্রবীভূত অক্সিজেন অপসারণ করে (deoxidiser) এবং ইস্পাতের প্রয়োজনীয় উপাদান সরবরাহ করে। ক্ষারকীয় ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট ধাতুমলকে Thomas slag বলে এবং ইহা জমির সাররূপে ব্যবহৃত হয়।

2. **উন্মুক্ত হার্ত পদ্ধতি ঃ** উন্মুক্ত হার্ত পদ্ধতিতে পরাবর্ত চুল্লীর অনুরূপ চুল্লীতে গলিত ঢালাই লৌহের অপদ্রব্যগুলি প্রধানত ফেরিক অক্সাইডের দ্বারা এবং অবশিষ্টাংশ অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহে জারিত করা হয়। উৎপন্ন বিশুদ্ধতর লৌহের সহিত স্পাইজেল মিশাইয়া ইস্পাত তৈরী করা হয়। এক্ষেত্রেও ঢালাই লৌহে ফস্‌ফরাস থাকিলে চুল্লীর ভিতরের দিকে ক্ষার-জাতীয় পদার্থের ($CaO+MgO$) প্রলেপ দেওয়া হয়। এই পদ্ধতিকে ক্ষারকীয় পদ্ধতি বলে। অন্যথায় অম্লজাতীয় (SiO_2) আস্তরণ দেওয়া হয় এবং ইহাকে অ্যাসিড পদ্ধতি বলে।

চুল্লীটিকে তাপ পুনরুৎপাদন পদ্ধতিতে বায়ু ও প্রডিউসার গ্যাসের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়। চুল্লীর ভিতর গলিত ঢালাই লৌহ, ছাঁটাই ইস্পাত (steel scrap) এবং আয়রন অক্সাইড (হিমাটাইট) দেওয়া হয়। ঢালাই লৌহে ফস্‌ফরাস থাকিলে চুনাপাথরও যোগ করা হয়। সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ. সালফার এবং কার্বনের প্রায় সমস্তটা এবং খানিকটা ফস্‌ফরাস আয়রন অক্সাইড দ্বারা জারিত হইয়া উহাদের অক্সাইডে পরিণত হয়। SiO_2 এবং MnO_2 ধাতুমল গঠন করে। কার্বন মনোক্সাইড বুদ্‌বুদ্‌ কাটিয়া গলিত লৌহের ভিতর হইতে

বাহির হইয়া যায়। অবশিষ্ট কার্বন এবং ফস্‌ফরাস বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়। $2Fe_2O_3+3Si=4Fe+3SiO_2$, $Fe_2O_3+3Mn=3Fe+3MnO$, $2Fe_2O_3+3S=4Fe+3SO_2$, $Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO$, $5Fe_2O_3+6P=10Fe+3P_2O_5$। আম্লিক অক্সাইডগুলি মিশ্রিত চুনাপাথর হইতে উৎপন্ন চুনের (CaO) সহিত এবং দগ্ধ ডলোমাইট হইতে উৎপন্ন CaO ও MgO-এর সহিত ক্রিয়া করিয়া ধাতুমল গঠন করে। $CaCO_3=CaO+CO_2$. $CaCO_3\ MgCO_3=CaO+MgO+2CO_2$, $CaO+SiO_2=CaSiO_3$, $2CaO+2SO_2+O_2=2CaSO_4$, $3CaO+P_2O_5=Ca_3(PO_4)_2$ MgO-এর সহিতও এই বিক্রিয়াগুলি সংঘটিত হয়। ধাতুমল অপসারিত করা হয় এবং গলিত লৌহকে হাতায় ঢালিয়া উহার সহিত উপযুক্ত পরিমাণ স্পাইজেল যোগ করা হয়। স্পাইজেলের ম্যাঙ্গানিজ এবং কার্বন প্রথমত অক্সিজেন অপসারক হিসাবে কাজ করে এবং দ্বিতীয়ত অবশিষ্টাংশ গলিত লৌহে দ্রবীভূত হইয়া ইস্পাতের প্রয়োজনীয় উপাদান সরবরাহ করে।

23-5. ধাতব যৌগসমূহ

1. কস্টিক সোডা, NaOH

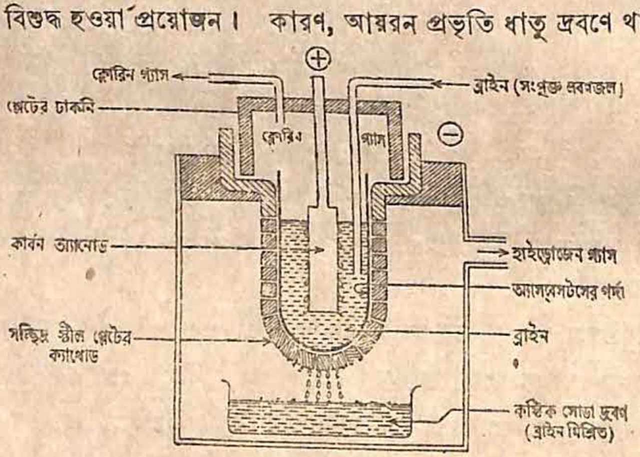
তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে কস্টিক সোডা প্রস্তুতি : বৈদ্যুতিক পদ্ধতিগুলিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া কষ্টিক সোডা প্রস্তুত করা হয়।

সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে কষ্টিক সোডা, হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। কিন্তু ক্লোরিন এবং কষ্টিক সোডা পরস্পরের সংস্পর্শে আসিলে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় হাইপোক্লোরাইট এবং ক্লোরেট গঠন করে। ইহার ফলে খানিকটা কষ্টিক সোডা অযথা খরচ হয় এবং উৎপন্ন কষ্টিক সোডায় এই সকল লবণ অপদ্রব্য হিসাবে থাকিয়া যায়। এই কারণেই কষ্টিক সোডা এবং ক্লোরিন যাহাতে একটি অপরটির সংস্পর্শে না আসিতে পারে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে তাহার ব্যবস্থা করা হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে কষ্টিক সোডা উৎপন্ন করিবার জন্য দুই প্রকারের বৈদ্যুতিক সেল (cell) ব্যবহার করা হয় :—

(i) মধ্যাবরক সেল (Diaphragm Cell) এবং (ii) পারদ সেল।

মধ্যাবরক সেল : নেলসন সেল এইরূপ একটি মধ্যাবরক সেল (diaphragm) এবং কষ্টিক সোডা উৎপাদনে ইহা বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়।

নেলসন সেলে অ্যাসবেসটস্ দ্বারা প্রস্তুত U-আকৃতির একটি পাত্র ব্যবহৃত হয়। অ্যাসবেসটসের বাহিরের প্রাচীর স্টীলের তারজালির দ্বারা আবৃত থাকে। এই স্টীলের তারজাল ক্যাথোডের কাজ করে। অ্যাসবেসটস্-কক্ষের মধ্যে থাকে একটি গ্রাফাইট দণ্ড যাহা অ্যানোডরূপে ব্যবহৃত হয় এবং অ্যাসবেসটস্ মধ্যাবরক (diaphragm) অর্থাৎ পর্দার কাজ করে। সমগ্র অ্যাসবেসটস্ পাত্রটি একটি বৃহত্তর লোহার পাত্রের মধ্যে বসান থাকে। অ্যাসবেসটস্ পাত্র লবণ-জলের দ্রবণে পূর্ণ করিয়া রাখা হয় এবং লবণ-জল এমনভাবে পাত্রের ভিতর প্রবেশ করান হয় যাহাতে দ্রবণটি সকল সময়ে একই নির্দিষ্ট তল বজায় রাখে। লোহার পাত্রটি অতি উত্তপ্ত জলীয় বাষ্পের দ্বারা পূর্ণ রাখা হয়। জলীয় বাষ্প দ্রবণটিকে উত্তপ্ত রাখে, দ্রবণের তড়িৎ প্রতিরোধক শক্তি (resistance) কমাইয়া দেয় এবং মধ্যাবরকের ছিদ্রগুলি পরিষ্কার রাখে। লবণ-জল বিশুদ্ধ হওয়া প্রয়োজন। কারণ, আয়রন প্রভৃতি ধাতু দ্রবণে থাকিলে



নেলসন সেল

অদ্রবণীয় হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং ইহারা মধ্যাবরকের ছিদ্রগুলি বন্ধ করিয়া দেয়। সচ্ছিদ্র অ্যাসবেসটসের (মধ্যাবরক) ভিতর দিয়া লবণ-জল চুয়াইয়া পড়ে এবং এখানে ক্যাথোড ও অ্যানোডের ভিতর লবণজল তড়িৎ-বিশ্লেষিত হইয়া যায়। দ্রবণে জলের H^+ এবং OH^- আয়ন ও সোডিয়াম ক্লোরাইডের Na^+ এবং Cl^- আয়ন বিদ্যমান। তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে সঞ্চিত হয় হাইড্রোজেন এবং উহা একটি নির্গম-নলের পথে বাহির হইয়া যায় এবং অ্যানোডে সঞ্চিত হয় ক্লোরিন। আবদ্ধ অ্যাসবেসটস্ কক্ষের উপরের দিকে অবস্থিত নির্গম-নলের মাধ্যমে এই ক্লোরিন গ্যাস বাহির হইয়া যায় এবং নিম্নে

অবস্থিত একটি পাত্রে Na^+ আয়ন ও OH^- আয়ন অর্থাৎ NaOH (কষ্টিক সোডা) সঞ্চিত হয়।

ক্যাথোডে :

$$H^+ + e = H$$
$$2H = H_2$$

অ্যানোডে :

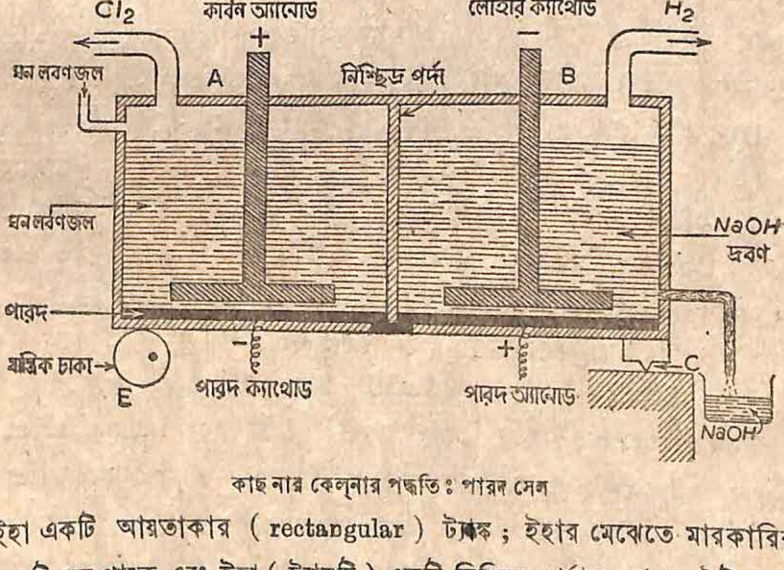
$$Cl^- - e = Cl$$
$$2Cl = Cl_2$$

$$Na^+ + OH^- = NaOH$$

এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন ক্ষারীয় দ্রবণে কষ্টিক সোডার পরিমাণ শতকরা 10 – 12 ভাগ। দ্রবণটি বাহির করিয়া লইয়া অনুপ্রেষ বাষ্পায়কে (vacuum-evaporators) বাষ্পীভূত করা হয়, ইহার ফলে অপরিবর্তিত (unchanged) সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসিত হয় এবং ইহাকে পৃথক্ করিয়া অবশিষ্ট দ্রবণকে তাপের সাহায্যে প্রথমে শুষ্ক করিয়া পরে গলিত কষ্টিক সোডায় পরিণত করা হইয়া থাকে। এই গলিত কষ্টিক সোডাকে প্রয়োজন মত দানা (globule) বা দণ্ডের আকারে ঢালাই করা হয়।

এই পদ্ধতিতেই প্রস্তুত কষ্টিক সোডার সহিত খানিকটা সোডিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত থাকে বলিয়া ইহা বিশেষ বিশুদ্ধ নহে।

পারদ সেল : কাছ্নার-কেল্নার পদ্ধতি (Castner-Kellner process) : কাছ্নার-কেল্নার সেল একটি পারদ সেল (Mercury Cell)।



কাছনার কেল্নার পদ্ধতি : পারদ সেল

ইহা একটি আয়তাকার (rectangular) ট্যাঙ্ক ; ইহার মেঝেতে মারকারির একটি স্তর থাকে এবং ইহা (ট্যাঙ্কটি) একটি নিশ্ছিদ্র পর্দার দ্বারা দুইটি কক্ষে

বিভক্ত থাকে। নিশ্ছিদ্র পর্দাটি মারকারি স্তরের ভিতর এরূপভাবে প্রবেশ করানো থাকে যাহাতে উহা ট্যাঙ্কটির মেঝে পর্যন্ত না পৌঁছায়। একটি কক্ষে ব্রাইন (বিশুদ্ধ খাদ্য-লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণ) যাহার ভিতরে অ্যানোডরূপে গ্রাফাইট প্লেট (একাধিক) ঝুলানো থাকে এবং অপর কক্ষে থাকে জল, যাহার মধ্যে অল্প একটু কষ্টিক সোডা মিশ্রিত থাকে। এই জলের ভিতর ক্যাথোডরূপে একাধিক লৌহদণ্ড লাগানো থাকে। প্রকৃতপক্ষে প্রতিটি কক্ষ এক একটি সেলের ন্যায় কার্য করিয়া থাকে। কক্ষ A-তে মারকারি ক্যাথোড এবং কার্বন অ্যানোড, আর কক্ষ B-তে লৌহ ক্যাথোড এবং মারকারি অ্যানোড হিসাবে কাজ করে। তড়িৎ-প্রবাহের ফলে কক্ষ A-তে গ্রাফাইট অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন হয় এবং উহা নির্দিষ্ট নির্গম পথে বাহির করিয়া লওয়া হয়। আর মারকারি ক্যাথোডে সোডিয়াম উৎপন্ন হয় এবং উহা মারকারিতে দ্রবীভূত হইয়া সোডিয়াম পারদ-সঙ্কর গঠন করে। চিত্র লক্ষ্য করিয়া দেখ, ট্যাঙ্কটির একপ্রান্ত স্থির (fixed) থাকে এবং উহার বিপরীত প্রান্ত একটি যন্ত্রচালিত উৎকেন্দ্রিক (eccentric) চাকার উপর স্থাপিত। চাকাটি প্রয়োজনমত ঘুরাইয়া ট্যাঙ্কের প্রান্তটি উপরে ও নীচে উঠান ও নামান যাইতে পারে, যাহাতে প্রতি মিনিটে প্রায় একবার মারকারি এক কক্ষ হইতে অপর কক্ষে যাইয়া পুনরায় পূর্বের কক্ষে ফিরিয়া আসে। সোডিয়াম পারদ সঙ্কর প্রবহমান মারকারি দ্বারা বাহিত হইয়া অপর কক্ষে উপনীত হয়। এইখানে সোডিয়াম পারদ-সঙ্কর জলের সঙ্কিত বিক্রিয়ায় কষ্টিক সোডা এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। এই হাইড্রোজেন আয়রন প্লেটের গায়ে সঞ্চিত হয় এবং নির্গম নলের মাধ্যমে বাহির হইয়া যায়। এইভাবে তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে যখন কষ্টিক সোডার গাঢ়ত্ব 30%—35% হয় তখন কষ্টিক সোডাকে বাহির করিয়া লওয়া হয় এবং বাষ্পীভূত করিয়া শুষ্ক কষ্টিক সোডায় পরিণত করা হয় এবং পরে ইহাকে গলাইয়া প্রয়োজনমত দণ্ডের আকারে (sticks) বা দানার আকারে (globules) ঢালাই করা হয়।

$$Na + Hg \rightarrow Na - Hg \text{ (সোডিয়াম পারদ-সঙ্কর)}$$

$$2NaHg + 2H_2O = 2NaOH + 2Hg + H_2$$

ধর্ম : ইহা একটি শুভ্র, কেলাসাকৃতিবিশিষ্ট উদ্গ্রাহী (deliquescent) পদার্থ। ইহা দেহের চর্মকে আক্রমণ করিয়া দাহ ও ক্ষত সৃষ্টি করে। প্রায় সকল ধাতুই গলিত কষ্টিক সোডা দ্বারা আক্রান্ত হয়। ইহা সহজেই বায়ু হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়।

তাপপ্রয়োগে ইহা গলিয়া যায় এবংএই গলিত অবস্থায় ইহাকে কার্বন দ্বারা বিজারিত করিয়া ধাতব সোডিয়াম প্রস্তুত করা যাইতে পারে।

$$2NaOH + C = 2Na + 2CO + H_2 ।$$

ইহা একটি তীব্র ক্ষার এবং অ্যামোনিয়াম লবণের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। $NH_4Cl + NaOH = NH_3 + NaCl + H_2O$। ভারী ধাতুর লবণের দ্রবণে কষ্টিক সোডার জলীয় দ্রবণ যোগ করিলে ধাতুর হাইড্রক্সাইড এবং কোন কোন ক্ষেত্রে অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।

আম্লিক বা উভধর্মী (amphoteric) অক্সাইডসমূহ ইহাতে দ্রবীভূত হয়।

CO_2 (আম্লিক) $+ 2NaOH = Na_2CO_3 + H_2O$,

Al_2O_3 (উভধর্মী) $+ 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$ ।

জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদি ধাতু কষ্টিক সোডার জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। $Zn + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2$ । কিন্তু কতকগুলি অধাতু কষ্টিক সোডার সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রাইড নামক যৌগ উৎপন্ন করিয়া থাকে, কোন হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয় না।

ব্যবহার ঃ বিজারক হিসাবে রসায়নাগারে ; সাবান প্রস্তুতিতে ; বক্সাইট, পেট্রোলিয়াম ইত্যাদি শোধনে ; ধাতব সোডিয়াম উৎপাদনে এবং কাগজ ও রঞ্জন শিল্পে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

2. গ্লবার লবণ, $Na_2SO_4.10H_2O$

একটি সংবৃত চুল্লীতে (muffle furnace) সম-পরিমাণ খাদ্য লবণ এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড কড়া তাপে উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়। ইহাকে সল্ট-কেক বলা হয়। ইহার সহিত কিছু অতিরিক্ত (unreacted) সালফিউরিক অ্যাসিড থাকিয়া যায়।

$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$

গরম জলে স্টীমের সাহায্যে এই সল্ট-কেকের একটি দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় এবং উৎপন্ন দ্রবণে যে-অতিরিক্ত সালফিউরিক অ্যাসিড থাকিয়া যায় উহাকে কলিচুনের সাহায্যে প্রশমিত করা হয়। অতঃপর এই মিশ্রণটি পরিস্রুত করিয়া শীতল করা হয় এবং ইহার ফলে দ্রবণ হইতে সোদক সোডিয়াম সালফেট স্ফটিক, Na_2SO_4, $10H_2O$ কেলাসিত হয়। ইহা গ্লবার লবণ নামে

পরিচিত। এই স্ফটিক উদত্যাগী। $32^\circ C$-এর অধিকতর উষ্ণতায় ইহার জল উড়িয়া যায় এবং ইহা অনার্দ্র সোডিয়াম সালফেটে পরিণত হয়।

ব্যবহার :

কাচ ও সোডিয়াম সালফাইড প্রস্তুতিতে সোডিয়াম সালফেট প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ঔষধ হিসাবেও ইহার ব্যবহার আছে।

3. সোডিয়াম কার্বনেট Na_2CO_3

বৃহদায়তন উৎপাদন —সল্‌ভে পদ্ধতি

সোডিয়াম কার্বনেটের বৃহদায়তন উৎপাদনের যতগুলি পদ্ধতি আছে তন্মধ্যে সল্‌ভে পদ্ধতি বিশেষ উল্লেখযোগ্য। নিম্নলিখিত নীতির উপর ভিত্তি করিয়া সল্‌ভে পদ্ধতি প্রতিষ্ঠিত হইয়াছে।

নীতি : সোডিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় দ্রবণকে অ্যামোনিয়া দ্বারা সম্পৃক্ত করিয়া এই সম্পৃক্ত দ্রবণের ভিতর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করিলে সোডিয়াম ক্লোরাইড সোডিয়াম বাই-কার্বনেটে রূপান্তরিত হয়। সর্বপ্রথম অ্যামোনিয়া, কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং জলের রাসায়নিক সংযোগে অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয়। এই অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়ায় স্বল্প দ্রবণীয় সোডিয়াম বাই-কার্বনেট এবং বিশেষ-ভাবে দ্রবণীয় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে। সোডিয়াম বাই-কার্বনেটকে ছাঁকিয়া লইয়া উত্তপ্ত করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হইয়া যায় এবং উৎপন্ন হয় সোডিয়াম কার্বনেট।

$$NH_3 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons NH_4HCO_3.$$
$$NH_4HCO_3 + NaCl \rightleftharpoons NaHCO_3 + NH_4Cl$$
$$2NaHCO_3 \rightleftharpoons Na_2CO_3 + H_2O + CO_2.$$

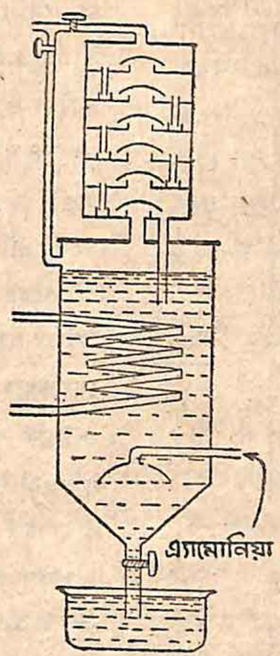
কাঁচামাল : কাঁচামাল হিসাবে এই পদ্ধতিতে তিনটি জিনিসের প্রয়োজন ; (i) সোডিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় দ্রবণ (ব্রাইন), (ii) চুনাপাথর (limestone) এবং (iii) অ্যামোনিয়া।

পদ্ধতি : সল্‌ভে পদ্ধতিতে তিনটি ধাপে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করা হয় :—

(1) ব্রাইনের অ্যামোনিয়া সম্পৃক্তি :

খাদ্য লবণের গাঢ় দ্রবণকে ব্রাইন বলা হয়। প্রথমে খাদ্য লবণের একটি গাঢ় জলীয় দ্রবণ তৈরী করা হয়। উপরস্থ একটি ট্যাঙ্ক হইতে লবণের এই

গাঢ় জলীয় দ্রবণ ধীরে ধীরে একটি লোহার ট্যাঙ্কের ভিতর প্রবাহিত করা হয়। লোহার ট্যাঙ্কের নীচের দিকে অবস্থিত একটি নলের সাহায্যে অ্যামোনিয়া গ্যাস ট্যাঙ্কের ভিতর চালনা করা হয়। অ্যামোনিয়া গ্যাস উপরের দিকে উঠিবার সময় লবণ-জলে দ্রবীভূত হয় এবং ব্রাইন অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্বারা সম্পৃক্ত হয়। অদ্রবীভূত অ্যামোনিয়া গ্যাসকে ট্যাঙ্কের উপরে অবস্থিত একটি ছোট স্তম্ভের ভিতর দিয়া যাইতে দেওয়া হয়। এই স্তম্ভে ছিদ্রযুক্ত তাক ও বহির্নল (over-flow pipe) আছে। খানিকটা ব্রাইন এই স্তম্ভের উপর হইতে নীচের দিকে প্রবাহিত করা হয় যাহার ফলে প্রায় সমস্তটুকু অ্যামোনিয়া ব্রাইনে দ্রবীভূত হইয়া যায়। অ্যামোনিয়া জলে দ্রবীভূত হইবার সময় তাপ উৎপন্ন হয়। কিন্তু উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইলে অ্যামোনিয়ার দ্রাব্যতা হ্রাস পায়। এই জন্য কুণ্ডলাকৃতি একটি নলের সাহায্যে শীতল জলের প্রবাহ দ্বারা ব্রাইনের উষ্ণতা 40° – 60°C ডিগ্রীর ভিতর রাখা হয়। ব্রাইনের ভিতর যে অ্যামোনিয়া গ্যাস চালনা করা হয় উহার সহিত অল্প কার্বন ডাই-অক্সাইড মিশ্রিত থাকে। তাই খাদ্য লবণের সহিত মিশ্রিত আয়রন, ক্যালসিয়াম এবং ম্যাগনেসিয়ামের লবণসমূহ কার্বনেটে পরিণত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়। অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত ব্রাইনকে ট্যাঙ্কের নীচের দিক হইতে বাহির করিয়া থিতাইয়া দেওয়া হয়। এইখানে ক্যালসিয়াম কার্বনেট, ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট প্রভৃতি থিতাইয়া যায় এবং উপরে অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত ব্রাইন থাকে।

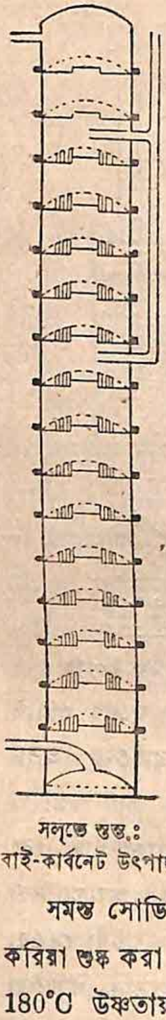


ব্রাইনের অ্যামোনিয়া সম্পৃক্তি

(2) অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত ব্রাইনের অঙ্গারাম্লীকরণ (Carbonation):

অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত ব্রাইনকে সল্‌ভে স্তম্ভে লইয়া যাওয়া হয়। এই স্তম্ভে আড়াআড়িভাবে কতকগুলি প্লেট থাকে এবং প্লেটগুলির মাঝখানে একটি করিয়া বড় ছিদ্র আছে। এই ছিদ্রগুলি কতকগুলি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ছিদ্রযুক্ত এক একটি ঢাকনা দ্বারা আবৃত থাকে। অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত ব্রাইন স্তম্ভের উপর

হইতে ধীরে ধীরে নিচের দিকে প্রবাহিত করা হয় এবং স্তম্ভের তলা হইতে চালানো হয় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস। (প্রয়োজনীয় কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি চুনাভাটিতে চুনাপাথর উত্তপ্ত করিয়া প্রস্তুত করা হয়)। এইভাবে নিম্নগামী অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত লবণ দ্রবণের ধারার সহিত উর্ধ্বগামী কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহের নিবিড় মিশ্রণ ঘটিয়া থাকে এবং ইহার ফলে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠিত হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড বিশোষণের ফলে তাপ উদ্ভূত হয়। কিন্তু উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইবার সঙ্গে সঙ্গে সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের দ্রবণীয়তা বৃদ্ধি পাইতে থাকে। সেইজন্য স্তম্ভের ভিতরে নীচের দিকে কুণ্ডলাকৃতি নলের সাহায্যে শীতল জল প্রবাহিত করিয়া উষ্ণতা 30°—40°C-এ রাখা হয় এবং বিক্রিয়া শেষে উষ্ণতা প্রায় 15°C-এ নামাইয়া আনা হয়। সোডিয়াম বাই-কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হইতে থাকে এবং স্তম্ভের তলা হইতে সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের সমস্ত অধঃক্ষেপ দ্রবণসহ একটি নির্গম পথে বাহিরে আনা হয়। অনুপ্রেষ পরিস্রুতি (vacuum filter) ব্যবস্থা প্রয়োগ করিয়া সোডিয়াম বাই-কার্বনেটকে ছাঁকিয়া দ্রবণ হইতে পৃথক্ করা হয়।



সল্‌ভে স্তম্ভ: বাই-কার্বনেট উৎপাদন

(৩) সোডিয়াম বাই-কার্বনেট দগ্ধকরণ (Calcination) : সমস্ত সোডিয়াম বাই-কার্বনেট একত্র করিয়া অল্প পরিমাণ জলে ধৌত করিয়া শুষ্ক করা হয়। এই সোডিয়াম বাই-কার্বনেটকে একটি ঘূর্ণন-চুল্লীতে 180°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয় যাহার ফলে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়। এইভাবে উৎপন্ন সোডিয়াম কার্বনেটের বিশুদ্ধতা প্রায় 99·5%.

সল্‌ভে পদ্ধতি শুরু করিবার সময় অ্যামোনিয়া এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড বাহির হইতে সরবরাহ করা হয় কিন্তু পরে এই গ্যাস দুইটি উপজাত দ্রব্যরূপে এই পদ্ধতি হইতেই পাওয়া যায়। সুতরাং আর নূতন অ্যামোনিয়া বা কার্বন ডাই-অক্সাইডের প্রয়োজন হয় না।

ধর্ম: অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট একটি সাদা বর্ণের পাউডার। ইহা জলে দ্রবণীয়। বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া ইহা $Na_2CO_3.H_2O$-তে পরিণত হয়। ইহার জলীয় দ্রবণে ক্ষারীয় ধর্মের লক্ষণ প্রকাশ পায়। কারণ, জলের সংস্পর্শে ইহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়। $Na_2CO_3+H_2O \rightleftharpoons NaOH+NaHCO_3$. জলীয় দ্রবণে ইহা কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া স্বল্প দ্রবণীয় সোডিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিণত হয়।

$$Na_2CO_3+H_2O+CO_2=2NaHCO_3$$

ইহার সহিত লঘু খনিজ অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয় এবং জল ও খাদ্যলবণ উৎপন্ন হয়।

$$Na_2CO_3+2HCl=2NaCl+H_2O+CO_2$$

ব্যবহার: কষ্টিক সোডা, সাবান এবং কাচ প্রস্তুতিতে বহুল পরিমাণে সোডিয়াম কার্বনেট ব্যবহৃত হয়। বস্ত্রশিল্পে, জলের খরতা দূরীকরণে এবং সোডিয়ামের অন্যান্য লবণ প্রস্তুতকরণে সোডিয়াম কার্বনেটের প্রয়োজন। ইহা ছাড়া, রসায়নাগারে বিকারকরূপেও ইহার ব্যবহার বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

4. প্যারিস-প্লাস্টার, $2(CaSO_4), H_2O$

প্রস্তুতি: জিপসাম $CaSO_4 2H_2O$ প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। এই জিপসামকে $110^\circ C-120^\circ C$ উষ্ণতায় বড় বড় স্টীলের পাত্রে উত্তপ্ত করা হয়। এই পাত্রগুলিতে যন্ত্রচালিত কতকগুলি আলোড়ক (stirrer) থাকে। তাপের প্রভাবে জিপসামের কেলাসজল আংশিক দূরীভূত হয় এবং জিপসাম প্যারিস-প্লাস্টারে পরিণত হয়।

$$2(CaSO_4, 2H_2O) \rightleftharpoons (CaSO_4)_2, H_2O+3H_2O$$

উষ্ণতা বিশেষভাবে নিয়ন্ত্রণ করিতে হয় এবং জিপসাম যাহাতে কার্বনযুক্ত জ্বালানির সংস্পর্শে না আসে তাহার দিকেও লক্ষ্য রাখিতে হয়। কারণ, উষ্ণতা আরও বৃদ্ধি পাইলে ($120^\circ C$-এর অধিক) জিপসামের সমস্ত কেলাস জল দূরীভূত হয় এবং এই পোড়ান (burnt) পদার্থ জলের সংস্পর্শে আর জমাট বাঁধে না। আবার, কার্বনযুক্ত জ্বালানির সংস্পর্শে জিপসাম বিজারিত হইয়া ক্যালসিয়াম সালফাইডে পরিণত হয়। $CaSO_4+4C=CaS+4CO$

ইহার একটি গুরুত্বপূর্ণ ধর্ম হইল যে ইহা সহজেই জল শোষণ করিয়া লয়, জলের সহিত মিশ্রিত করিয়া প্যারিস-প্লাস্টারের পাতলা লেই তৈয়ারী

করিলে উহা কিছুক্ষণের মধ্যেই জমাট বাঁধে এবং সিমেন্টের মত একটি কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। এই প্রক্রিয়ায় প্যারিস-প্লাস্টার আয়তনে সামান্য বাড়ে। প্রকৃতপক্ষে, প্যারিস-প্লাস্টার জলের সংস্পর্শে জিপসামে পরিণত হয়।

$$(CaSO_4)_2, H_2O + 3H_2O = 2(CaSO_4, 2H_2O)$$

ব্যবহার : ভাস্কর্যে, ছাঁচ নির্মাণে, ভগ্নাঙ্গ ব্যাণ্ডেজ করিবার জন্য এবং সিমেন্ট হিসাবে প্যারিস-প্লাস্টার বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

5. চুন ও উহার উপজাত দ্রব্য (Lime and its products)

চুন (Lime)

চুন সর্বাপেক্ষা সুলভ ক্ষারক পদার্থ। ইহা ক্যালসিয়াম ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত একটি যৌগিক পদার্থ। ইহার রাসায়নিক নাম ক্যালসিয়াম অক্সাইড (calcium oxide)।

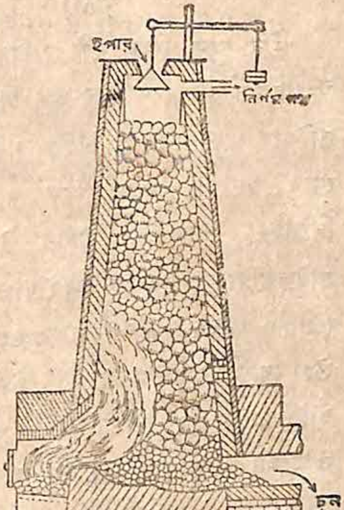
যে খনিজ হইতে চুন প্রস্তুত হয় তাহাকে চুনাপাথর (limestone) বলে। চুনাপাথরের রাসায়নিক নাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট (calcium carbonate)। শামুক, গুগ্‌লি, ঝিনুক, শাঁখ প্রভৃতির কঠিন খোলা (shell) ক্যালসিয়াম কার্বনেট দিয়া গঠিত। ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে উত্তপ্ত করিলে ইহা ক্যালসিয়াম অক্সাইড (চুন) ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে বিযোজিত হয়। $CaCO_3 = CaO + CO_2$.

প্রস্তুতি : আমাদের দেশে চুনাপাথর অথবা শামুক, গুগ্‌লি প্রভৃতির খোলা পোড়াইয়া চুন প্রস্তুত করা হয়। দুইটি বিভিন্ন পদ্ধতিতে ইহা প্রস্তুত হইয়া থাকে।

(a) **সবিরাম পদ্ধতি** (Intermittent process) : একটি ইটের চুল্লী বা ভাটি প্রস্তুত করিয়া উহা শামুক, গুগ্‌লি প্রভৃতির খোলা অথবা চুনাপাথরের টুক্‌রা দ্বারা ভর্তি করা হয়। চুল্লীর তলদেশে একটি তাকের উপর কাঠ বা কয়লা জ্বালাইয়া আগুন করা হয়। আগুনের তাপে উপরি-উক্ত পদার্থ চুন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড চুল্লীর মুখ দিয়া বাহির হইয়া বাতাসে মিশিয়া যায়। তিন-চারদিন পরে চুল্লী ঠাণ্ডা হইলে উহার নীচের গর্ত দিয়া চুন বাহির করা হয়।

(b) **অবিরাম পদ্ধতি** (Continuous process) : আজকাল অবিরাম পদ্ধতিতে চুনাপাথর হইতে প্রচুর পরিমাণে চুন প্রস্তুত করা হয়। এই

পদ্ধতিতে চুল্লীর আগুন নিভানো হয় না। এই চুল্লী ইটের তৈয়ারী এবং দেখিতে অনেকটা গম্বুজের মত। ইহার উপর হইতে চুনাপাথরের টুক্‌রা হপারের (hopper) মুখে ঢালিয়া দিলে ইহা চুল্লীর ভিতরে যাইয়া পড়ে। চুল্লীর মুখের নীচে অবস্থিত নির্গম পথের ভিতর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড বাহির হইয়া যায়। চুল্লীর নীচের দিকে এক পার্শ্বে একটি উনুন আছে। ঐ স্থানে কয়লা জ্বালাইয়া আগুন সৃষ্টি করা হয়। আগুনের লম্বা শিখা (long flame) চুল্লীতে প্রবেশ করিয়া চুনাপাথরগুলিকে উত্তপ্ত করে। চুল্লীর ভিতরকার উষ্ণতা 1000°C হইলে চুনাপাথর বিয়োজিত হইয়া চুন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড উপরের দিকে উঠিয়া চুল্লীর নির্গম পথ দিয়া বাহির হইয়া যায়। চুল্লীর নীচে চুন জমা হয়। ইহা পার্শ্বস্থ উনুনের বিপরীত দিকের নির্গম পথ দিয়া বাহির করা হয়। আবার উপরের মুখ দিয়া চুল্লীর ভিতর চুনাপাথর ঢালা হয় এবং এইভাবে চুল্লীর কাজ অনবরত চলিতে থাকে।



চুনের ভাটি

ধর্ম ঃ চুন একটি সাদা অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। উত্তপ্ত করিলে ইহা সহজে গলে না। অক্সি-হাইড্রোজেন শিখার অতিরিক্ত উষ্ণতায় ইহা ভাস্বর হইয়া উঠে এবং উজ্জ্বল আলো বিকিরণ করে। এই আলোককে **চুনালোক** (lime light) বলে। বিদ্যুৎ-চুল্লীতে প্রায় 2570°C উষ্ণতায় ইহাকে গলান যায়।

চুন অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে। জলের প্রতি চুনের আসক্তি খুব প্রবল। বাতাসে ফেলিয়া রাখিলে ইহা বাতাস হইতে জল শোষণ করে। শুষ্ক চুনের উপর জল ছিটাইয়া দিলে ইহা জলের সহিত রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়। এই সময় হিস্‌ হিস্‌ শব্দ করিয়া চুন হইতে ষ্টীম উঠে ; যথেষ্ট তাপের উদ্ভব হয় ; উহা আয়তনে বাড়ে এবং অবশেষে গুঁড়া

চূনে পরিণত হয়। এই গুড়া চুনকে **স্লেকড লাইম** (slaked lime) বলে। ইহার রাসায়নিক নাম ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড (calcium hydroxide)।

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

গুঁড়া চুনে কিছু বেশী পরিমাণ জল দিয়া কাদার মত করিলে যে পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহাকে **মিল্ক অব্ লাইম** (milk of lime) বলে। কিন্তু সামান্য পরিমাণ গুঁড়া চুনে অতিরিক্ত পরিমাণে জল দিলে চুন কিছু পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। ইহাকে কোন পাত্রে রাখিয়া দিলে পরের দিন চুন পাত্রের তলায় থিতাইয়া পড়ে এবং উহার উপরে একটি স্বচ্ছ পরিষ্কার ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের সম্পৃক্ত দ্রবণ পাওয়া যায়। এই স্বচ্ছ দ্রবণকে **চুনের জল** (lime water) বলে। চুনের জলের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করিলে উহা ঘোলাটে হইয়া যায়। ইহার কারণ চুনের জলের মধ্যে যে ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড থাকে তাহা কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া ক্যালসিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করে এবং ইহা জলে অদ্রাব্য বলিয়া চুনের জল ঘোলাটে দেখায়।

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

গাঢ় কষ্টিক সোডা দ্রবণের সহিত চুন মিশাইয়া বিশুষ্ক করিলে যে মিশ্র পদার্থ পাওয়া যায় তাহাকে সোডা লাইম (sodalime) বলে।

চুন ও উহার উপজাত দ্রব্যের ব্যবহার ঃ

কলিচুন প্রস্তুত করিতে, ধাতু নিষ্কাশন করিতে এবং জলীয় বাষ্প শোষণ করিবার জন্য চুন ব্যবহৃত হয়। চুনালোক উৎপন্ন করিতে চুনের দরকার হয়।

সিমেণ্ট, কংক্রীট, ইটের গাঁথনির মশলা, কাচ, বিরঞ্জক চূর্ণ (bleaching powder), কষ্টিক সোডা, ক্যালসিয়াম কারবাইড প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে চুন ব্যবহৃত হয়। চর্মশিল্পে চুনের প্রয়োজন হয় এবং জমিতে সার হিসাবেও ইহা ব্যবহার করা হয়।

পরিষ্কার চুনের জল শিশুদিগের পেটের অসুখে ব্যবহৃত হয়।

আর্দ্র বস্তু শুষ্ক করিতে, কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিতে, রাসায়নিক বিশ্লেষণ এবং ল্যাবরেটরীতে মার্স গ্যাস প্রস্তুত করিতে সোডা লাইম ব্যবহৃত হয়।

6. নীল ভিট্রিয়ল, $CuSO_4.5H_2O$

সোদক কপার সালফেটকে নীল ভিট্রিয়ল বলা হয়। ইহা সাধারণত তুঁতে নামে পরিচিত। ইহার সঙ্কেত $CuSO_4 . 5H_2O$

প্রস্তুতি ঃ (i) পরিত্যক্ত কপার কুচি চুল্লীতে উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন লোহিত তপ্ত কপারের উপর গন্ধক ছড়াইয়া দেওয়া হয়। ইহার ফলে কপার সালফাইড গঠিত হয়। অতঃপর চুল্লীর ভিতর বায়ুপ্রবাহ চালাইয়া কপার সালফাইডকে কপার সালফেটে জারিত করা হয়। উৎপন্ন কপার সালফেটকে শীতল করা হয় এবং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া ছাঁকিয়া লওয়া হয়। পরিস্রুৎকে বাষ্পীভূত করিয়া গাঢ় করা হয়। এই গাঢ় দ্রবণকে শীতল করিলে $CuSO_4.5H_2O$ দ্রবণ হইতে কেলাসিত হয়।

$$Cu+S=CuS\ ;\ CuS+2O_2=CuSO_4$$

(ii) কপার পাইরাইটিসকে খুব সতর্কতার সহিত তাপ-জারিত (roasting) করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় উষ্ণতা এমনভাবে নিয়ন্ত্রিত করা হয় যাহাতে আয়রন উহার অক্সাইডে এবং কপার সালফাইড কপার সালফেটে পরিণত হয়। তাপজারণে উৎপন্ন পদার্থটি শীতল করিয়া জলের সহিত মিশ্রিত করা হয়। ইহার ফলে কপার সালফেট জলে দ্রবীভূত হয়। কিন্তু আয়রন অক্সাইড এবং কপার অক্সাইড (তাপ জারণে কপার অক্সাইডও স্বল্প পরিমাণে উৎপন্ন হয়) অদ্রাব্য কঠিন হিসাবে পড়িয়া থাকে। অতঃপর মিশ্রণটি ছাঁকিয়া লইয়া পরিস্রুৎকে গাঢ় করা হয়। এই গাঢ় পরিস্রুৎকে শীতল করিলে সোদক কপার সালফেট $CuSO_4,\ 5H_2O$ কেলাসিত হয়।

ধর্ম ঃ ইহা জলে দ্রবণীয়, উন্মুক্ত বায়ুতে রাখিয়া দিলে ইহার কেলাসজল আংশিক দূরীভূত হয়। 250 C উষ্ণতায় ইহার সমস্ত কেলাসজল উবিয়া যায় এবং উহা বর্ণহীন, অনার্দ্র কপার সালফেটে পরিণত হয়। 750°C উষ্ণতায় ইহা বিযোজিত হইয়া কিউপ্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। কপার সালফেট দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড যোগ করিলে কিউপ্রাস আয়োডাইডের সাদা অধঃক্ষেপ পতিত হয় এবং আয়োডিন মুক্ত হয়।

$$2CuSO_4+4KI=I_2+2K_2SO_4+2CuI$$

ব্যবহার ঃ তড়িৎ-লেপনে, কাষ্ঠ সংরক্ষণে, কোন কোন তড়িৎ-কোষে এবং রঞ্জন শিল্পে ইহা বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। বীজাণুনাশকরূপেও ইহার ব্যবহার আছে। কোন পদার্থে অল্প পরিমাণ জল আছে কিনা তাহা অনার্দ্র কপার সালফেটের সাহায্যে পরীক্ষা করা হয়।

7. সোদক অ্যালুমিনিয়াম সালফেট, $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$.

প্রস্তুতি ঃ অ্যালুমিনাকে উষ্ণ ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন দ্রবণকে শীতল করা হয়। ইহাতে দ্রবণ হইতে $Al_2(SO_4)_3$; $18H_2O$ কেলাসিত হয়। ইহাকে অ্যালকোহল মিশ্রিত জলে দ্রবীভূত করিয়া পুনঃকেলাসিত করিয়া পৃথক্ করা হয়।

$$Al_2O_3+3H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+3H_2O.$$

ধর্ম ঃ ইহা (জলে) দ্রবণীয়, বর্ণহীন, কেলাসাকার কঠিন। ইহার জলীয় দ্রবণে আম্লিক ধর্মের লক্ষণ প্রকাশ পায়। কারণ, জলের সংস্পর্শে ইহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় এবং জলীয় দ্রবণে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $Al_2(SO_4)_3+6H_2O \rightleftharpoons 2Al(OH)_3+3H_2SO_4$. সামান্য উত্তাপেই ইহা অনার্দ্র হইয়া যায় কিন্তু লোহিততপ্ত (red hot) করিলে ইহা বিযোজিত হইয়া অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডে পরিণত হয়। বিক্রিয়াটি ঘটে নিম্নরূপ :

$$2Al_2(SO_4)_3=2Al_2O_3+6SO_2+3O_2$$

ব্যবহার ঃ রঞ্জন-শিল্পে রং বন্ধক (mordant) হিসাবে জলের প্রলম্বিত অশুদ্ধিগুলি থিতাইবার জন্য এবং কাগজ শিল্পে ও বস্ত্রশিল্পে ইহা প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া, ছাগলের চামড়া পরিষ্কার করিতে এবং অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রে ইহার ব্যবহার দেখা যায়।

8. ফেরাস সালফেট বা গ্রীন ভিট্রিয়ল, $FeSO_4$ $7H_2O$

লৌহকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিয়া গাঢ় করা হয়। অতঃপর গাঢ় দ্রবণ হইতে কেলাসন প্রক্রিয়ায় ফেরাস সালফেট পৃথক্ করা হয়, $Fe+H_2SO_4=FeSO_4+H_2$। রসায়নাগারে এই পদ্ধতিতে ফেরাস সালফেট প্রস্তুত করা হয়। ইহা ছাড়া, হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত কিপ্-যন্ত্রে যে পরিত্যক্ত দ্রবণ থাকে উহাতে ফেরাস সালফেট বর্তমান এবং উহা হইতেও ফেরাস সালফেটকে পৃথক্ করিয়া সংগ্রহ করা হয়। কিন্তু ফেরাস সালফেটের পণ্য উৎপাদন করা হয় মার্কাসাইট FeS_2-কে আর্দ্র বায়ুর সাহায্যে ধীরে ধীরে জারিত করিয়া। $2FeS_2+7O_2+2H_2O=2FeSO_4+2H_2SO_4$.

ধর্ম ঃ ইহা ফিকে সবুজবর্ণের একটি উদ্‌ত্যাগী স্ফটিক। ইহাকে উত্তপ্ত করিলে প্রথমে ইহার কেলাসজল উড়িয়া যায় এবং অনিয়তাকার, সাদা অনার্দ্র

ফেরাস সালফেট উৎপন্ন হয়; উষ্ণতা আরও বৃদ্ধি পাইলে অর্থাৎ লোহিত তপ্ত অবস্থায় ইহা বিযোজিত হইয়া ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়। $2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$. ইহা জলে দ্রবণীয়। কিন্তু জলীয় দ্রবণে আম্লিক ধর্মের লক্ষণ প্রকাশ পায়, কারণ, জলের সংস্পর্শে ইহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত (hydrolysis) হয়। $FeSO_4 + 2H_2O = Fe(OH)_2 + H_2SO_4$. ইহা ছাড়া, জলীয় দ্রবণে ইহা অতি সহজেই বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয় এবং ফেরিক সালফেটে পরিণত হয়। ফেরাস সালফেট দ্রবণ নাইট্রিক অক্সাইড শোষণ করিয়া একটি নাইট্রোসো যৌগ [Fe. NO] SO_4 গঠন করে।

ব্যবহারঃ রসায়নাগারে বিকারক হিসাবে, লিখিবার কালি, ফেরিক অক্সাইড ইত্যাদি প্রস্তুতিতে এবং কখনও কখনও বিজারক হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়।

Questions

1. Write notes on : (i) ore, (ii) gangue, (iii) flux and slag.

2. Name the important minerals of zinc. How is the metal extracted and purified ? State its properties and uses. What is galvanisation ? [I. Sc. '40, '43]

3. Describe how zinc can be extracted from zinc blende by electrolytic process.

4. Name the important minerals of aluminium. How is the metal extracted from bauxite ? State its properties and uses. What is thermit process ? [I. Sc. '45, '47 ; H. S. '60]

5. Name a few minerals of copper. How is the metal extracted ? Describe its properties. State the uses of the metal and its alloys.

6. How does iron occur in nature ? How is cast iron obtained by blast furnace process ? Explain the function played by coke and lime used in the process. [I. Sc. cf. '36, '40, '44, '57]

7. What are the differences in physical properties and chemical composition between cast iron, wrought iron and steel ? State their uses.

Explain the principle of preparation of steel from cast iron ?

8. Describe an electrolytic method for the manufacture of caustic soda.

9. What is Glauber's salt ? How is it prepared ? State the uses of Glauber's salt and caustic soda.

10. How is sodium carbonate manufactured by Solvay's process ? Why does a solution of Na_2CO_3 react alkaline ?

11. Write what you know about the preparation, properties and uses of : (a) Paris-plaster, (b) lime, (c) blue vitriol, (d) hydrated aluminium sulphate and (e) green vitriol.